In cooperation with: BME Faculty of Civil Engineering
Department of Construction Materials and Technologies
Department of Structural Engineering
Department of Structural Mechanics
In cooperation with: BME Faculty of Architecture
Department of Mechanics, Materials and Structures
Közlekedéstudomány Egyesület (KTE):
Mérnöki Szerkezetek Szakosztállyal

Magyar Szabványügyi Testület

PLACE - Az ülés helye: BME Building K, 1st Floor Room 87 (K187)
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

DATE - Az ülés kezdete: 26 (Tuesday) May 2026, from 14.15– kb. 16.00

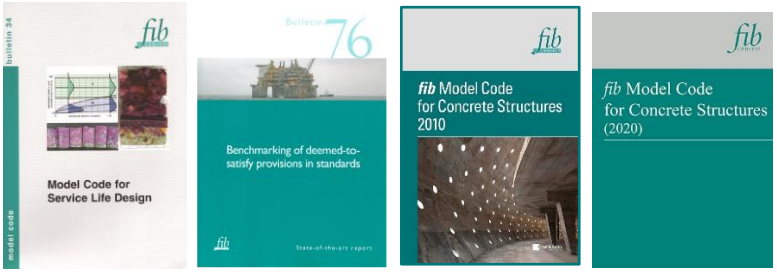
MEGHÍVÓ - INVITATION

Az új EC2 tartóssági elvei és a Hungarian Annex javaslat irányai

New approach in EC2 for Durability and Hungarian Annex for it

Az előadás online csatlakozási linkje https://tinyurl.com/4mrmmbx5
Az Ankéton való előzetes regisztrációt kérjük: https://forms.gle/euiffojvBBfZyxSv5

Tagfelvétel: **Goda Balázs,** konstrukciós szakfőmérnök, FŐMTERV Zrt. Ref. Horváth Adrian
Dr. Varga László, ügyv. Svetho Kft., Ref. Balázs L. György



1. Dr. Balázs L. György

A *fib* és CEN törekvések vasbetonszerkezetek tartósságával kapcsolatos

Az előadás bemutatja, hogyan változik a vasbetonszerkezetek tartósságának szemlélete az új Eurocode 2-ben. A korábbi, főként előíró jellegű megközelítést egyre inkább a teljesítményalapú és élettartam-orientált tervezés váltja fel, amely jobban figyelembe veszi a környezeti hatásokat, az anyagválasztást és a várható használati időt. Az előadás kitér arra is, hogy a fib és a CEN nemzetközi szakmai munkája miként alakítja a jövő vasbeton-tervezési gyakorlatát.

2. Dr. Kopecskó Katalin

Vizsgálati módszerek és tapasztalatok beton karbonátosodásával és kloridion állóságával kapcsolatosan

Nemzetközi érdeklődést kiváltó hazai vizsgálatok a beton tartósságával kapcsolatban Az előadás áttekintést ad a beton tartósságával kapcsolatos hazai kutatási és vizsgálati eredményekről, különös tekintettel a kloridion-behatolásra, a karbonátosodásra, és ezek szerkezeti következményeire. Bemutatásra kerülnek a korszerű laboratóriumi és anyagvizsgálati módszerek, valamint azok a tapasztalatok, amelyek hozzájárulhatnak a tartósabb és megbízhatóbb vasbetonszerkezetek tervezéséhez. Az ismertetett kutatások több nemzetközi szakmai fórumon is figyelmet kaptak.

3. Spránitz Ferenc

Az új EC-2 tartóssági elvei, követelményei, valamint értelmezésük a CEN/TR jelentésben. Nemzeti javaslatok (francia, norvég, spanyol és magyar) ismertetése

Az EC-2 szerinti 50/100 éves tartósság értelmezése a BD-EC-2 háttérdokumentumban és a CEN/TR jelentésben. Központi kérdés, hogy hogyan tervezhető és ellenőrizhető a forgalomba hozott beton várható 50 vagy 100 éves tartóssága, illetve milyen mérési eredmények és anyagjellemzők állnak a szabványi követelmények mögött. Bemutatásra kerülnek a különböző nemzeti javaslatok – francia, norvég, spanyol és magyar megközelítések –, valamint az is, hogy a Hungarian Annex milyen mérnöki magyarázatokat ad a tartóssági tervezés fizikai és kémiai alapjaira.

4. Kérdések, hozzászólások

Budapest, 12 May 2026 Prof. Balázs L. György, President of ***fib***-Hungary

Az új EC-2 tartóssági elvei és a *Hungarian Annex* javaslat irányai

Spránitz Ferenc

okl. építőmérnök, okl. betontechnológus szakmérnök
MMK építésügyi szakértő

MSZT/MB 107, MB 119 és CEN/TC 104
szabványbizottságok tagja

fib Magyar Tagozat, MSZT, KTE, BME, Budapest. 2026.05.26

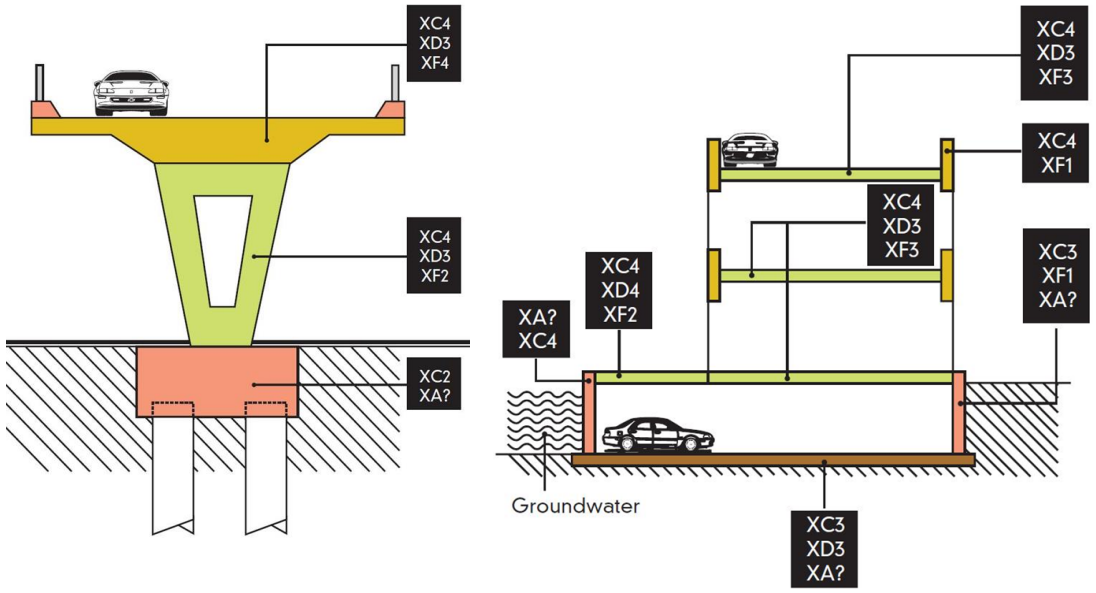
Tartalom

1. Miért kell az új EC-2 vezérszabvány és a kapcsolódó új betonszabványok?
2. Az új EC-2 kulcsfontosságú változásai (tartósság számszerűsítése)
3. CEN/TR és nemzeti javaslatok
4. Magyar javaslatok a tartóssági tervezésére
5. Tartósság és fenntarthatóság
6. Összegzés

1. Miért kell az új EC-2 vezérszabvány és a kapcsolódó új betonszabványok?
2. Az új EC-2 kulcsfontosságú változásai (tartóssági számszerűsítése)
3. CEN/TR és nemzeti javaslatok
4. Magyar javaslatok a tartóssági tervezésére
5. Tartósság és fenntarthatóság
6. Összegzés

Jó az első generációs EN szabványok egységes szemlélete, de tartalmuk még nem volt kiforrott

Az EN 206-1 betonszabványt szinte minden tagállam módosította a tartóssági problémák miatt.
Magyarország a legprecízebb országok közé tartozik (köszönhetően főként Dr. Kausay Tibornak)



Ország	Nemzeti szabvány jele	Kapcsolódás típusa
Magyarország	MSZ 4798	Egységes szerkezetű NAD
Franciaország	AFNOR/FD P18-480	Egységes szerkezetű NAD
Spanyolország	Código Estructural	Egységes szerkezetű NAD
Norvégia	NS 3683	Egységes szerkezetű NAD
Egyesült Királyság	BS 8500	Kiegészítő nemzeti szabvány
Belgium	NBN B 15-100	Kiegészítő nemzeti szabvány
Németország	DIN 1045-2	Kiegészítő alkalmazási szabályok
Ausztria	ÖNORM B 4710-1	Nemzeti alkalmazási dokumentum
Svédország	SS 137003	Nemzeti alkalmazási dokumentum
Hollandia	NEN 8005	Nemzeti alkalmazási dokumentum
Dánia	DS/EN 206 DK NA	Kiegészítő nemzeti melléklet
Svájc	SN EN 206:2012+A2:2021/ND:2023	Kiegészítő nemzeti melléklet

Eltérő nemzeti szabványok

Minden egyes EU tagállam NAD-ban írta elő (és a legtöbben várhatóan továbbra is előírják), hogy **milyen cementek használhatók** az egyes környezeti osztályokban

Country	Specifications considered
Spain (E)	EHE-08 (2008)
Portugal (P)	LNEC E 464 (2007), NP EN 1992-1-1+NA (2010), NP EN 206-1+NA (2007)
Great Britain (GB)	BS 8500-1 (2006), BS 8500-2 (2006), BS EN 1992-1-1+NA (2005), BS EN 206-1 (2000)
Netherlands (NL)	NEN 8005 (2008), NEN-EN 1992-1-1/NA (2011), NEN-EN 206-1 (2001)
Germany (D)	DIN 1045-2 (2008), DIN EN 1992-1-1+NA (2013), DIN EN 206-1 (2001)
Denmark (DK)	DS 2426 (2011), DS/EN 1992-1-1 DK NA (2011), DS EN 206-1 (2001)
Norway (N)	NS-EN 1992-1-1 :2004+NA (2008), NS-EN 206-1:2000+NA (2007)
United States of America (USA)	ACI-318-14 (2014), AASHTO LRFD Bridge (2012)
Australia (AUS)	AS 3600 (2009)

Table 3-4 Diversity in deemed-to-satisfy rules of selected countries

Country	Diversity in deemed-to-satisfy rules and permitted types of cement	
Spain (E)	CEM III/A, CEM III/B, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D combined with a lower cover for same w/c-ratio	Others combined with a higher cover for same w/c-ratio (for XS1, XD1, XS2), for other exposure classes a service-life design is required
Portugal (P)	CEM II/A-D, CEM II/B, CEM III/A, CEM III/B, CEM IV/A, CEM IV/B, CEM V Combined with a higher w/c-ratio for same cover	CEM I, CEM II/A Combined with a lower w/c-ratio for same cover
Great Britain (GB)	Groups of types of cement combined with w/c-ratio correlated with cover	
Netherlands (NL)	All types of cement; same cover and w/c-ratio within each exposure class	
Germany (D)	All except: CEM II/B-L, CEM II/B-LL, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM III/C*, CEM V/A Same cover and w/c-ratio within each exposure class	
Denmark (DK)	XD1, XS1, XS2: CEM I, CEM II/A-L, CEM II/A-LL and CEM II/A-V	XS3, XD2, XD3: CEM I and CEM II/A-V
	Same cover and w/c-ratio within each exposure class	
Norway (N)	XD1, XS1: CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/B-V, CEM III/A	XD2, XD3, XS2, XS3: CEM I + 4 M.% SF/c., CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/B-V, CEM III/A
	Same cover and w/c-ratio within each exposure class	
United States of America (USA)	All cement types have same w/c-ratio but different cover for exposure conditions	
Australia (AUS)	No recommendations on type of cement and w/c-ratio: durability is verified with respect to compressive strength combined with cover	

fib bulletin 76

A tartóssági jellemzők többsége kötőanyagfüggő (prof. Dr. Fritz Hunkeler)

Durability of concrete and main influences

RH: Relative humidity, PSD: Pore size distribution

	Property	Most important parameters (very simplified)				
		w/c or w/B	$w/CaO_{reactive}$	$w/SiO_{2,\ reactive}$	Entrained air	Na_2O_{eq}
Kötőanyagfüggő →	Carbonation resistance	+	+++ RH, PSD			
Kötőanyagfüggő →	Chloride resistance	+		+++ and PSD, exposure cond., incl. carbonation		
	Freeze thaw resistance	+			+++ minimum temp.	
Részben kötőanyagfüggő →	ASR resistance	+	+	+		++ and reactivity of aggregates and exposure conditions
Kötőanyagfüggő →	Leaching resistance	+	++	++		

A tartóssági jellemzőket főként a cement összetétele határozza meg, a víz-cement tényező (szilárdság) szerepe kisebb

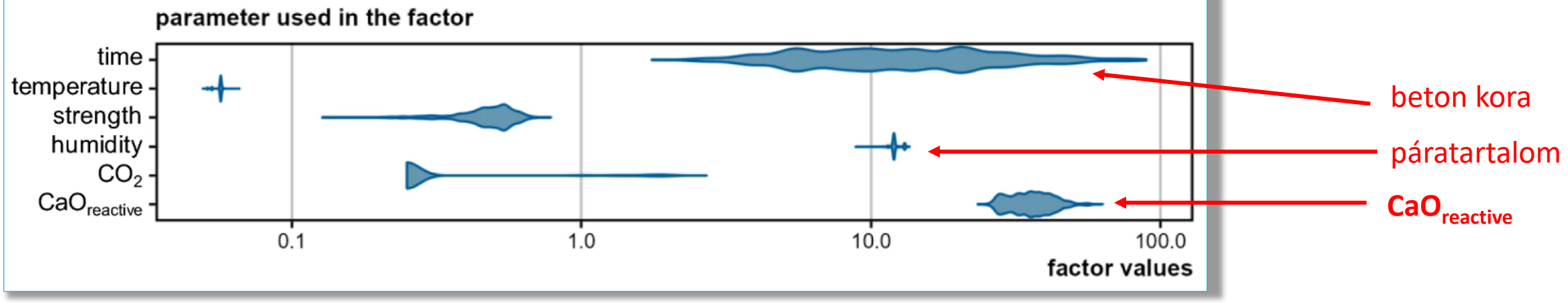
http://www.fib.bme.hu/2023-10-12%20Swiss/Performance%20based%20concrete%20design_Hunkeler_BME_12.10.2023_mod.pdf

A karbonátosodási ellenállás kötőanyagfüggő

- A karbonátosodási ellenállás egyetlen paraméterben történő összegzésének **egyik megközelítése a víztartalom és a karbonátosodásra képes CaO tartalmának aránya (*w*/$CaO_{reaktív}$ arány)**.
- Az elemzés szerint a ***w*/$CaO_{reaktív}$ arány döntő tényező** a karbonátosodási ellenállás szempontjából, míg az **utókezelési és környezeti körülmények szintén befolyásolják** a karbonátosodást.

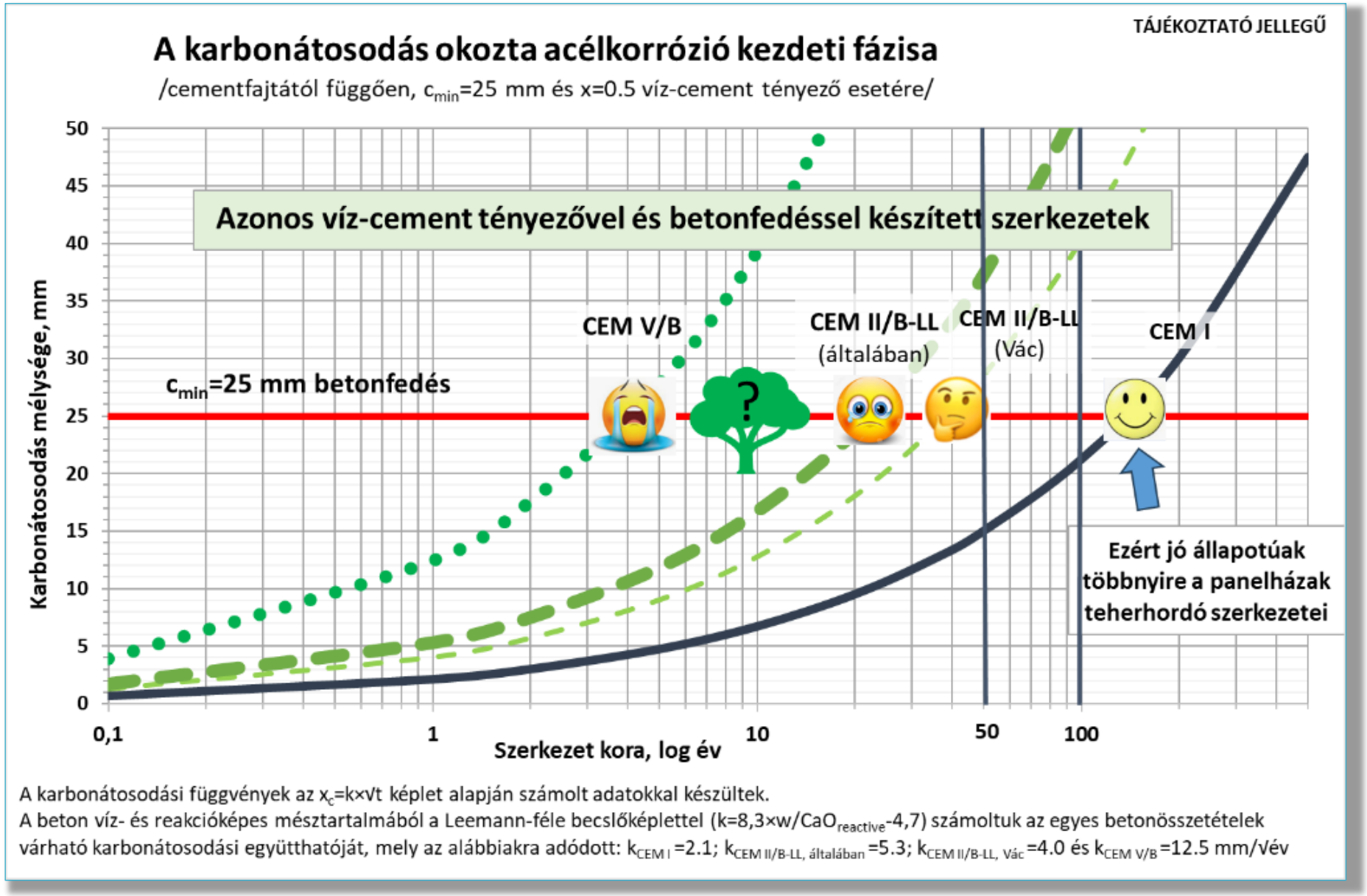
A $w/CaO_{reactive}$ az egyetlen paraméter, amit befolyásolni tud az összetétel tervezője

From: Report of RILEM TC 281-CCC: insights into factors affecting the carbonation rate of concrete with SCMs revealed from data mining and machine learning approaches



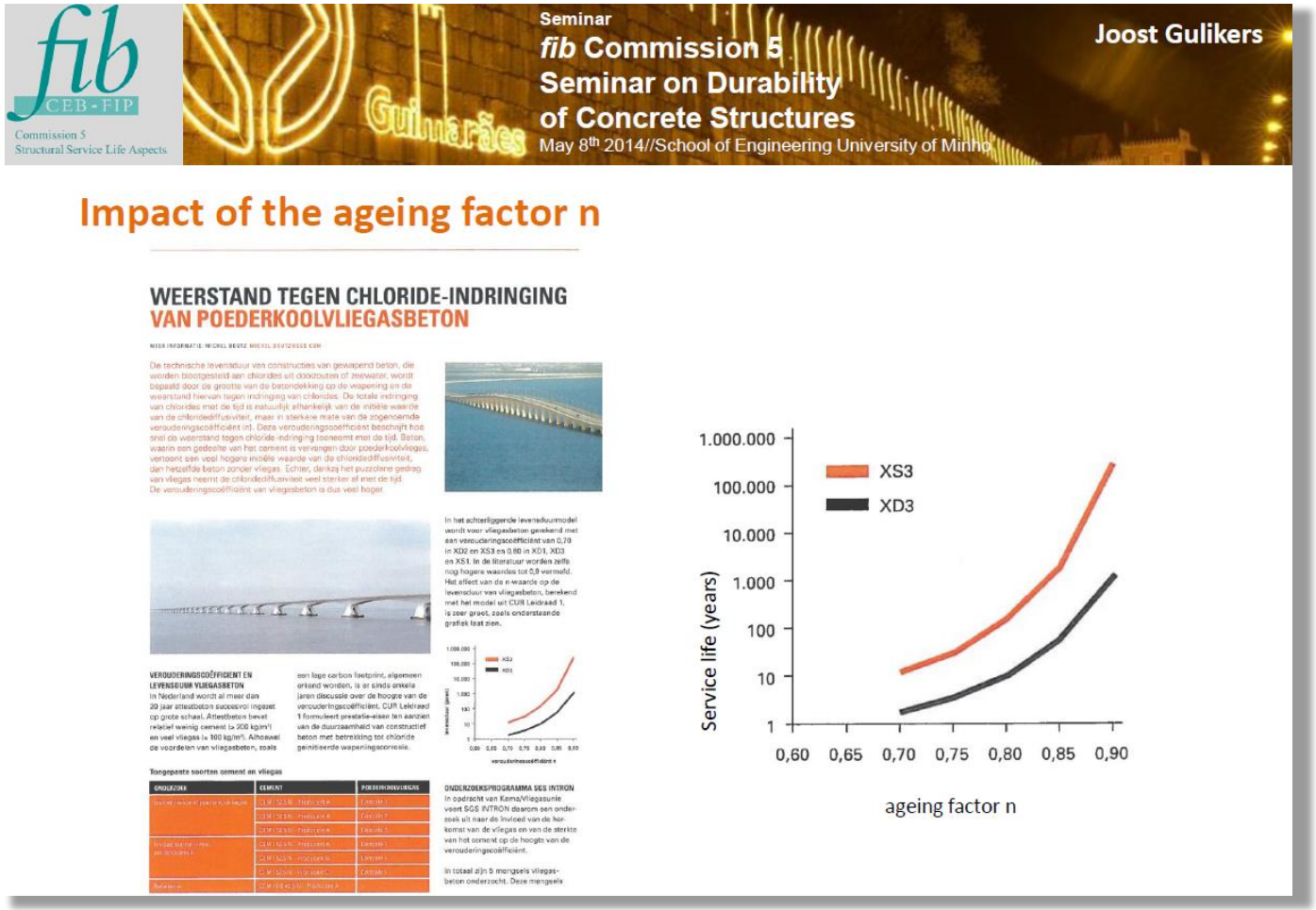
Forrás: Vollpracht, A., Gluth, G.J.G., Rogiers, B. *et al.* Report of RILEM TC 281-CCC: insights into factors affecting the carbonation rate of concrete with SCMs revealed from data mining and machine learning approaches. *Mater Struct* **57**, 206 (2024). https://doi.org/10.1617/s11527-024-02465-0

A karbonátosodási ellenállás kötőanyagfüggő



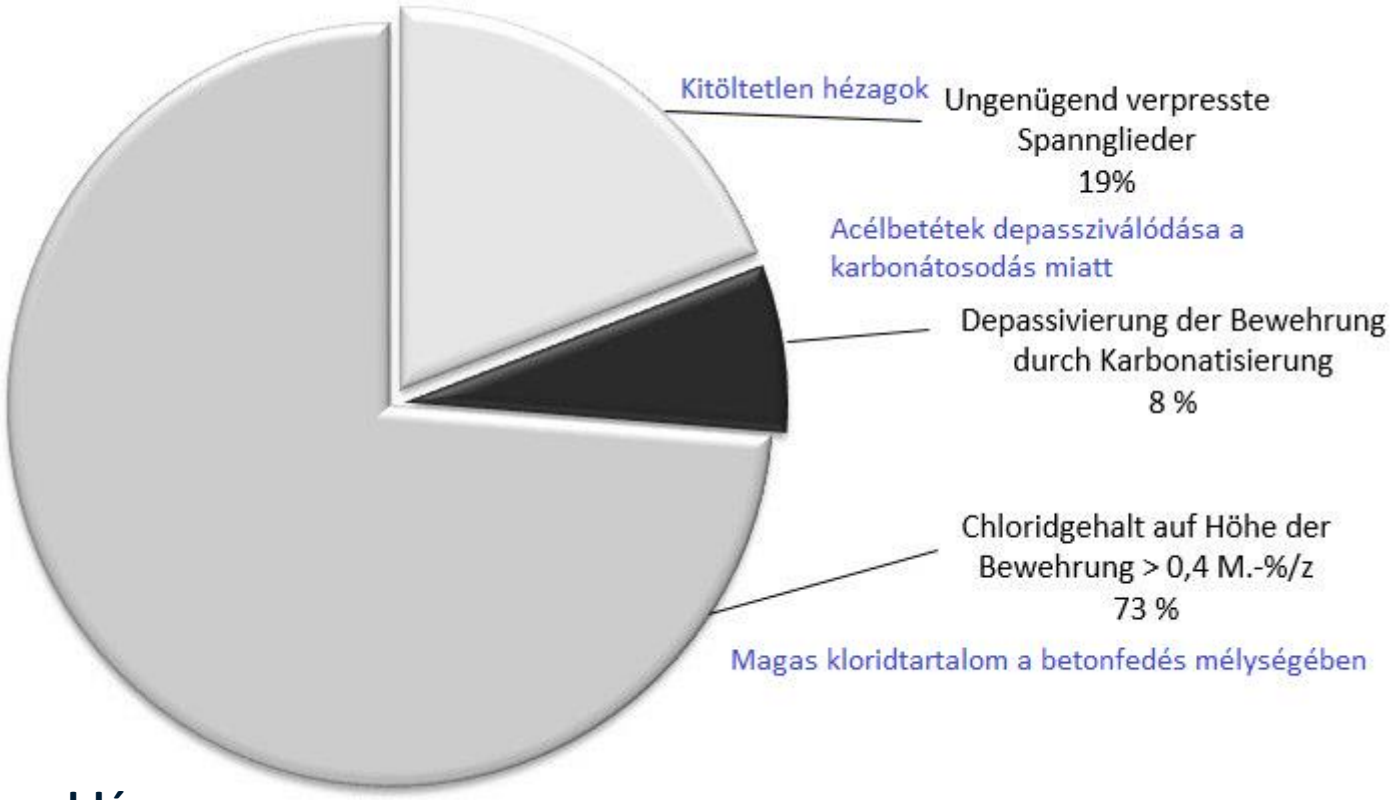
A karbonátosodási függvények az $x_c=k\times\sqrt{t}$ képlet alapján számolt adatokkal készültek.
A beton víz- és reakcióképes mésztartalmából a Leemann-féle becslőképlettel ($k=8{,}3\times w/CaO_{reactive}-4{,}7$) számoltuk az egyes betonösszetételek várható karbonátosodási együtthatóját, mely az alábbiakra adódott: $k_{CEM\ I}$=2.1; $k_{CEM\ II/B\text{-}LL,\ általában}$=5.3; $k_{CEM\ II/B\text{-}LL,\ Vác}$=4.0 és $k_{CEM\ V/B}$=12.5 mm/√év

A kloridállóság is kötőanyagfüggő



Észak-Európai kutatások szerint (norvég, svéd és dán) a **kor-tényező α > 0,85** értéke esetén még tengervízben is több 1000 év használati élettartam várható

Mitől romlanak a vasbeton hidak Németországban és 2012-től milyen cementeket használnak?



Megoldás:

- **<u>kis áteresztőképességű beton</u> alkalmazása és**
- **a hézagtömítések karbantartása**

Zementart nach EN 197-1:2014 [3]		Altersexponent α_{app} bzw. α_{RCM} [–]
CEM I		0,30 3)
CEM II	CEM II/A-S	0,35 4)
	CEM II/B-S	0,37 4)
	CEM II/A-D	0,40 4)
	CEM II/A-P	0,40 4)
	CEM II/B-P	0,40 4)
	CEM II/A-Q	0,40 4)
	CEM II/B-Q	0,40 4)
	CEM II/A-V 1)	0,60 3)
	CEM II/B-V	0,60 4)
	CEM II/A-W	– 6)
	CEM II/B-W	– 6)
	CEM II/A-T	0,40 4)
	CEM II/B-T	0,40 4)
	CEM II/A-L	0,30 4)
	CEM II/B-L	– 6)
	CEM II/A-LL	0,30 4)
	CEM II/B-LL	– 6)
	CEM II/A-M	– 6)
	CEM II/B-M	– 6)
CEM III	CEM III/A	0,40 4)
	CEM III/B	0,45 3)
	CEM III/C	0,45 4)
CEM IV	CEM IV/A	– 6)
	CEM IV/B	– 6)
CEM V	CEM V/A	– 6)
	CEM V/B	– 6)
CEM III/A + ca. 10% Flugasche 2)		0,50 4)
CEM II 5)+ ca. 20 % Flugasche 2)		0,55 4)

1) Flugaschegehalt mindestens 18 M.-%/Gesamtmasse
2) wirksame Bindemittelart; Zusammensetzung mit den Zementarten nach DIN EN 197-1 nicht abbildbar
3) auf Basis von Untersuchungen abgeleiteter Wert
4) auf Basis der Zementzusammensetzung angenommener Wert
5) CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM II/A-LL
6) Zementart gemäß DIN 1045-2 für XS/XD nicht zugelassen

Tabelle 4.1: Altersexponenten α_{app} (vereinfachend, falls keine Chloridprofile zu mehreren Zeitpunkten vorha den sind) bzw. α_{RCM} in Abhängigkeit der Zementart

Egy német műszaki előírásban a CEM I és CEM II cementfajtákhoz 20 m%, a CEM III/A fajtához 10% pernyét kell adagolni XD és XS osztályokban

ZTV-W LB 215 (2012):

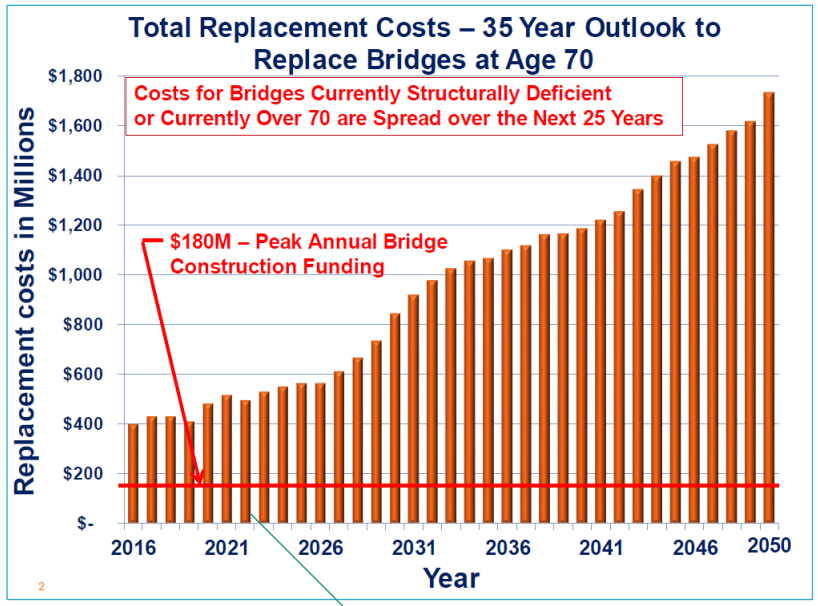
Für Betone der Expositionsklassen XD2, XS2, XD3 und XS3 dürfen nur folgende Bindemittel verwendet werden:

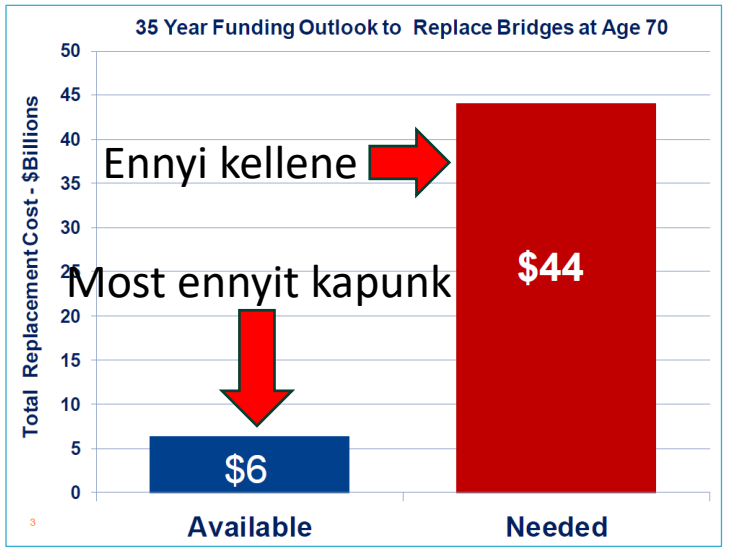
- **- CEM I- und CEM II-Zemente nach (22), in Verbindung mit Flugasche als Betonzusatzstoff, wobei der Flugaschegehalt mindestens 20 M.-% von (z+f) betragen muss.**
- **- CEM III/A in Verbindung mit Flugasche als Betonzusatzstoff, wobei der Flugaschegehalt mindestens 10 M.-% von (z+f) betragen muss.**
- **- CEM III/B.**

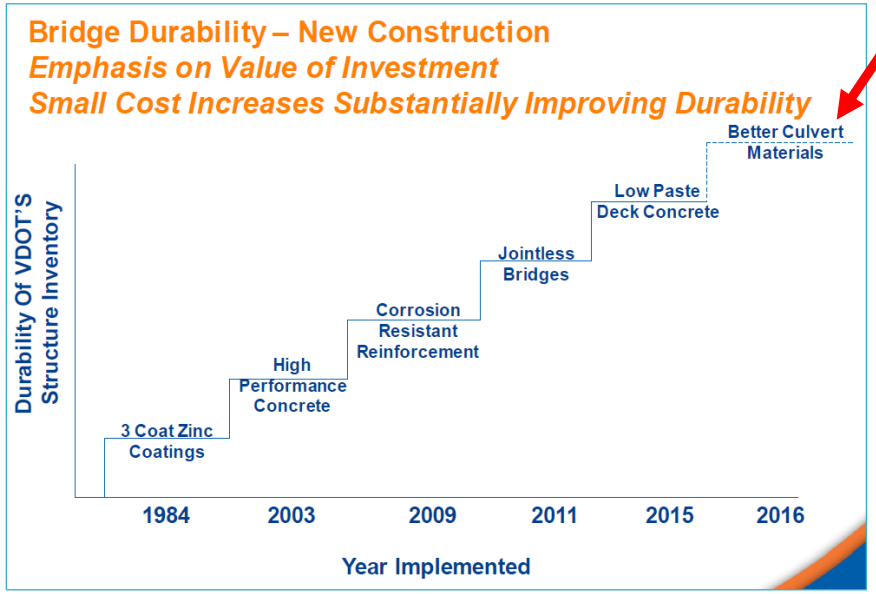
A DIN EN 206-ban és a DIN 1045-ben még sok mindent megengednek, de az infrastruktúrális építményekben már komolyan veszik a kloridkorróziót

Forrás: Betondeckung und Bewehrung Sicherung der Betondeckung beim Entwerfen, Herstellen und Einbauen der Bewehrung sowie des Betons nach Eurocode 2 – Deutscher Beton- Und Bautechnik Verein E.V.

Az USA hidász és közutas szervezetei erősen lobbiznak a nagyobb fenntartási költségekért, 2016-tól új irány a kisebb fenntartási költség melletti nagyobb tartóssághoz

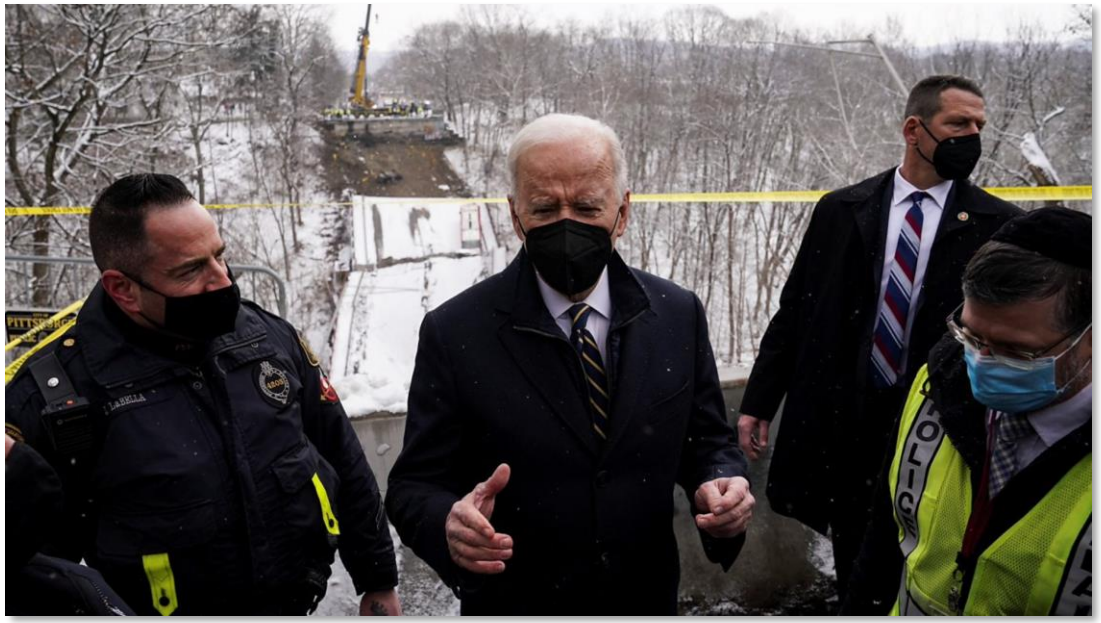






A mostani irány az USA-ban a németekhez hasonlóan:
kis áteresztőképességű beton

A felkészülésük nem volt eredménytelen; egy szerencsés összeomlás segített



Pittsburgh Forbes Avenue-híd, 2022-01-28

Nem 44 Mrd, hanem 110 Mrd dollárd kaptak

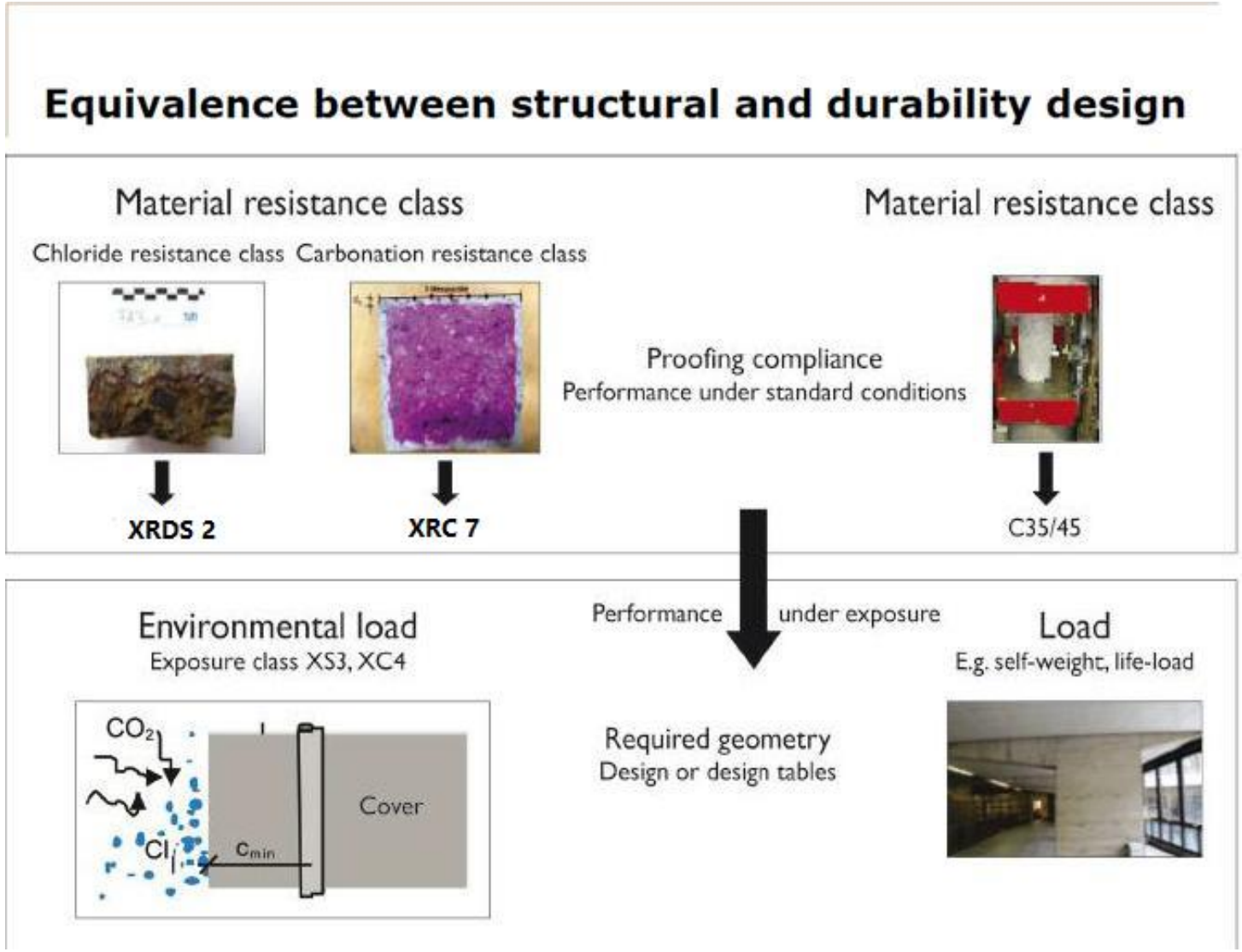
A Pittsburgh Forbes Avenue-híd pár órával azelőtt omlott össze, hogy Joe Biden, korábbi amerikai elnök megérkezett volna a híd túloldalán lévő településre, hogy az infrastruktúráról tárgyaljon. Az esetet követően írt alá egy törvényt **110 milliárd dolláros**(!) költségvetési kerettel utak és hidak javítására, az összeomlások megelőzésére.

Lehet, hogy nálunk is egy szerencsés katasztrófa kell?

Forrás: https://www.bbc.com/news/world-us-canada-60173771

1. Miért kell az új EC-2 vezérszabvány és a kapcsolódó új betonszabványok?
2. Az új EC-2 kulcsfontosságú változásai (tartósság számszerűsítése)
3. CEN/TR és nemzeti javaslatok
4. Magyar javaslatok a tartósági tervezésére
5. Tartósság és fenntarthatóság
6. Összegzés

Az új EC-2 kulcsfontosságú változása, összhang a statikai és anyagtani tervezésben



Mi változik?
Az új ellenállási osztályokban (pl. XRDS, XRC) számszerűsítjük az egyes károsító hatásokkal szembeni ellenállás mértékét.

A hatásoldalon (pl. XD, XS, XC) is számszerűsítjük a környezet agresszivitását.

Hogyan történik a számszerűsítés?
Nem feltétlenül szükséges számszerűsíteni sem a hatás, sem pedig az ellenállási oldalt, mert leegyszerűsíti a teendőket **az EN 1992-1-1:2023. A 6.3 és 6.4 táblázatban megjelöli a betonfedést, mint közös nevezőt.**

Az új EC-2 kulcsfontosságú változásai
(fizikai modellek bevezetése)

2. Evolution and key changes in Eurocode 2, EN 1992-1-1

General - EN 1992-1-1:

- Design provisions based on physical models; independent of type of member; sufficiently detailed for existing structures; simplified for new structures.
- General, regularly used provisions given in main part Clauses 4 - 14; provisions for special members and materials in Annexes. Example: Simplified verification for fatigue in Clause 10; detailed verification in Annex E.
- Integration of bridge part (EN 1992-2:2005) into EN 1992-1-1, with provisions specific to bridges only in Annex K.
- Integration of containment part (EN 1992-3:2006) into EN 1992-1-1, with provisions for restraints / cracking at early age in Annex D and for leak tightness in Annex H.

Már megjelent a teherhordó vasbeton szerkezetek tervezésére vonatkozó MSZ EN 1992-1-1:2024 szabvány (angol nyelven)

Nemzeti dokumentumokkal való teljeskörű bevezetés határideje: 2027. október

Az új EC-2 kulcsfontosságú változásai
(modell a karbonátosodásra és a kloridállóságra)

2. Evolution and key changes in Eurocode 2, EN 1992-1-1

Clause 6 Durability and concrete cover - EN 1992-1-1:

- Clause 6 introduces new performance-based approach for durability design:
  Effects of exposure of member (t) ≤ Exposure-resistance of member (t) as f(β).
- Effect of exposure over time (t) considered with recognised models for carbonation and chloride ingress.
- Resistance of concrete is grouped into Exposure Resistance Classes (ERC):
  - for new types of concrete (without sufficient experience) or all types based on performance testing acc. to EN 12390-xy or national test procedures
  - for known types of concrete (with sufficient experience) can be determined based on deemed-to-satisfy rules

  → proof of conformity according to EN 206-100 (under preparation).
- ERC-Concept currently developed for corrosion of reinforcement in carbonated concrete and induced by chlorides (future extension to freeze-thaw, chemical attack, etc.).

A beton anyagmodelljének magyarázata/értelmezése az EC-2 háttérdokumában („Background Document”)

Vannak ingyenes online konferenciák az európai mérnökök számára!
Nagy kár, hogy a Mérnök Kamara ezekről nem tájékoztatja a tagjait

FONTOS!

Dokumentumok, amelyeket érdemes letölteni

ALAPDOKUMENTUM, az új EC-2 szabvány 408 oldal, 88 MB, ingyenesen letölthető:

https://dokumen.pub/qdownload/eurocode-2-design-of-concrete-structures-bs-en-1992-1-1-2023.html

A tartóssággal kapcsolatos információk gyorsan átnézhetők: 6. fejezet, csak 10 oldal a 408 oldalból

TELJES HÁTTÉRDOKUMENTÁCIÓ!!! 878 oldal, 56 MB, ingyenesen letölthető:

https://concrete.fsv.cvut.cz/~drahomic/Pomucky/FprEN_1992-1-1-BD.pdf

Background Document

A tartóssággal kapcsolatos információk picit hosszabban: 6. fejezet, 181 oldal a 878 oldalból

A *fib* Magyar Tagozat honlapján is elérhető egy magyarázó előadás:

http://fib.bme.hu/2023-12-08-Webinar/2nd%20Generation%20Eurocode%202%20Concrete%20Structures%20-%20GANZ%202023-12-08-final.pdf

Tervezési élettartam: a leromlás kezdeti + az előrehaladási szakasza (BD-EC2)
(depasszíválódás + korrózió megindulása)

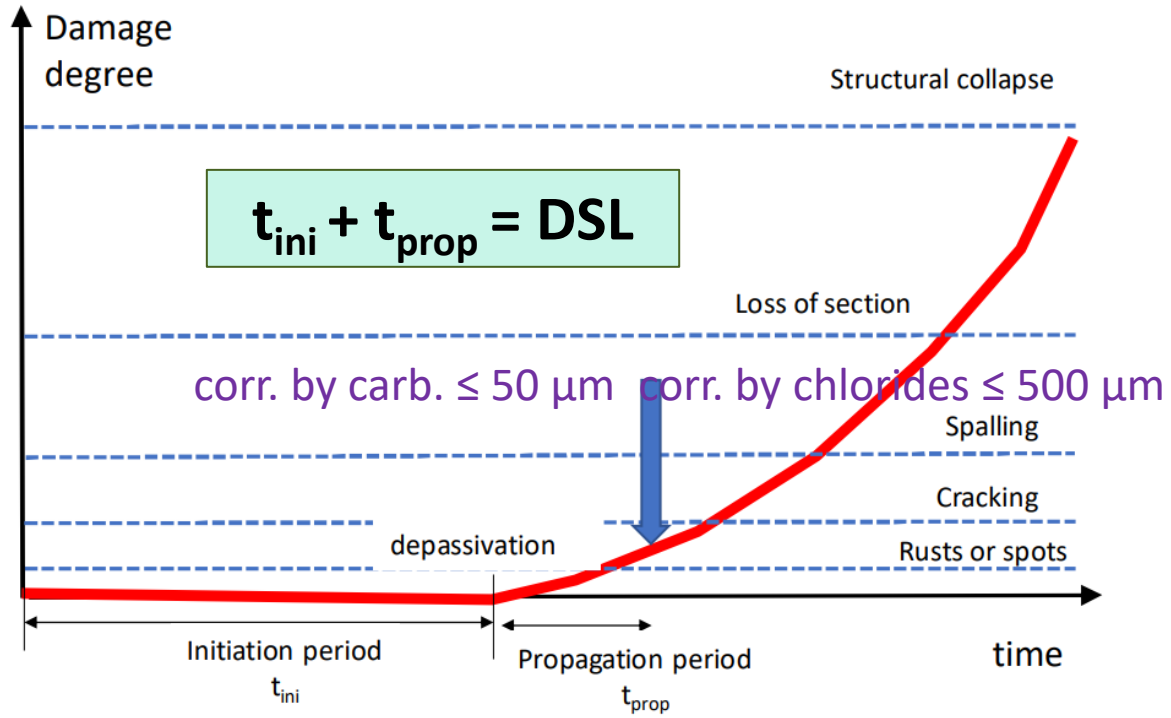


Figure 1.1 is a schematic illustration of damage degree and end of design service life (blue arrow) of the reinforcement at the end of design service life just before visible cracking (generalized corrosion in the case of carbonation) or before cracking occurs (localized corrosion in the case of chlorides)

Az EN 1992-1-1 szabványban a tervezési élettartam végét jelentő határállapot definíciója: **időtartam, amely alatt az aktív korrózió 50 µm mélységet elér karbonátosodás esetén, és 500 µm mélységű lyuk keletkezik kloridok okozta korrózió esetén**.

The definition in EN 1992-1-1 of the limit state representing the end of the design life includes a certain period of active corrosion till a depth of 50 µm in case of carbonation and 500 µm pitting in the case of chloride-initiated corrosion.

Forrás: BD-EC2, 69/878 old.

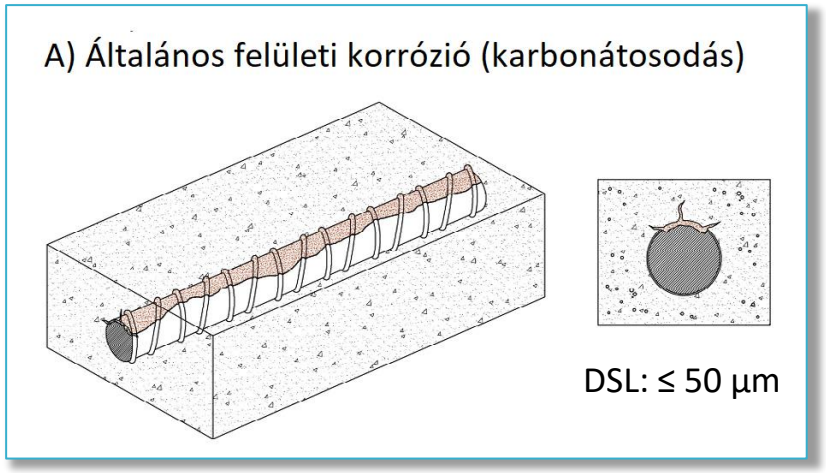
Az új EC-2 kulcsfontosságú változásai (BD-EC2)

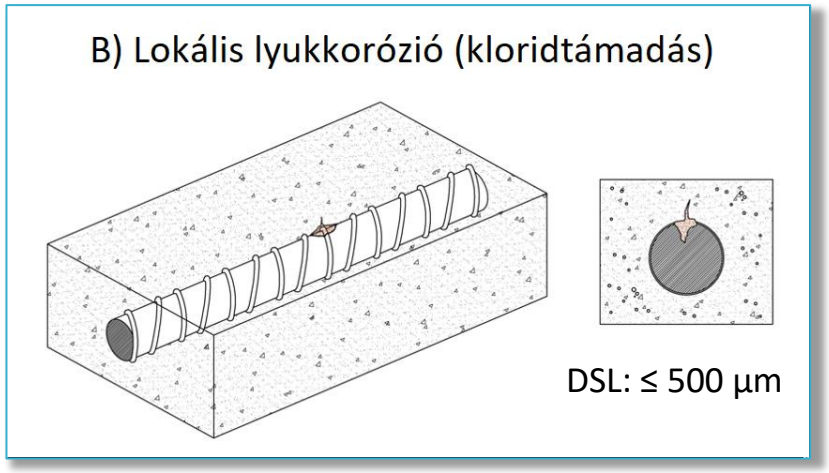
A mérnökök egyetértenek abban, hogy a tervezési és kivitelezési gyakorlatot nem alapozhatjuk 50 vagy 100 éves tapasztalatokra, mivel az utóbbi években az anyagok és a gyakorlat is jelentősen változott.

Mérnökként tehát a **feltételezéseinket extrapolálni kell** rövid- és középtávú tapasztalatok alapján.

Az ilyen extrapolációk elvégzéséhez **időfüggő modellekre van szükség.**

A *fib* és az ISO szervezetek olyan, természeti (fizikai-kémiai) törvényeken alapuló időfüggő modelleket alkottak a környezeti hatásokra (pl. betonok karbonátosodása és kloridok bejutása), amelyek nemzetközi konszenzust értek el.





Az új EC-2 átvette ezeket a modelleket

Forrás: BD-EC2, 70/878 old.

Az új EC-2 kulcsfontosságú változásai
(karbonátosodás modellje)

Karbonátosodás

Mai műszaki ismereteink alapján feltételezzük, hogy a karbonátosodás mélysége megfelel a következő egyenletnek:

$$x_c(t)=k*\sqrt{t}*W,$$ ahol

$x_c(t)$ – karbonátosodás mélysége adott időpontban, mm

k – karbonátosodási együttható, mm/$\sqrt{}$év

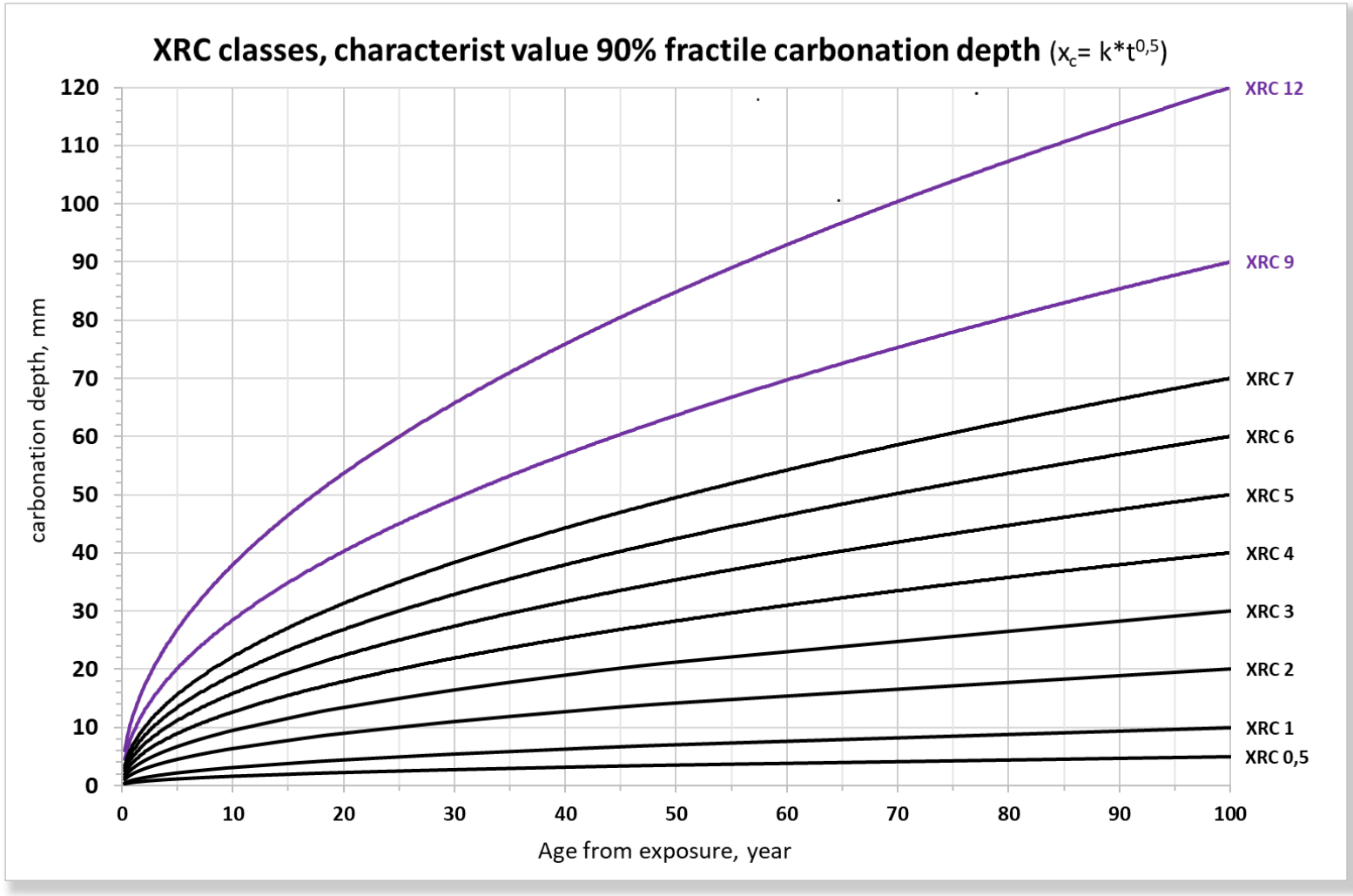
t – idő, év

W – időjárási tényező („weather function”)

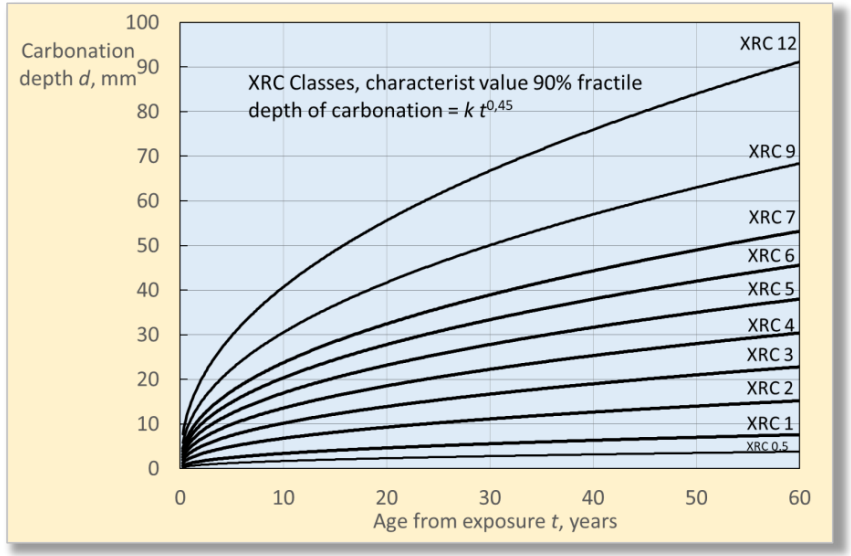
E hagyományos „idő négyzetgyökös” összefüggés részleteit a *fib* Bulletin 34 és az ISO 16204 adja meg

A várható karbonátosodási mélység előre tervezhető, modellezhető

/referencia körülmények esetén a beton anyagjellemzője és az idő négyzetgyöke szorzatából adódik: $x_c = k^* \sqrt{t}$/



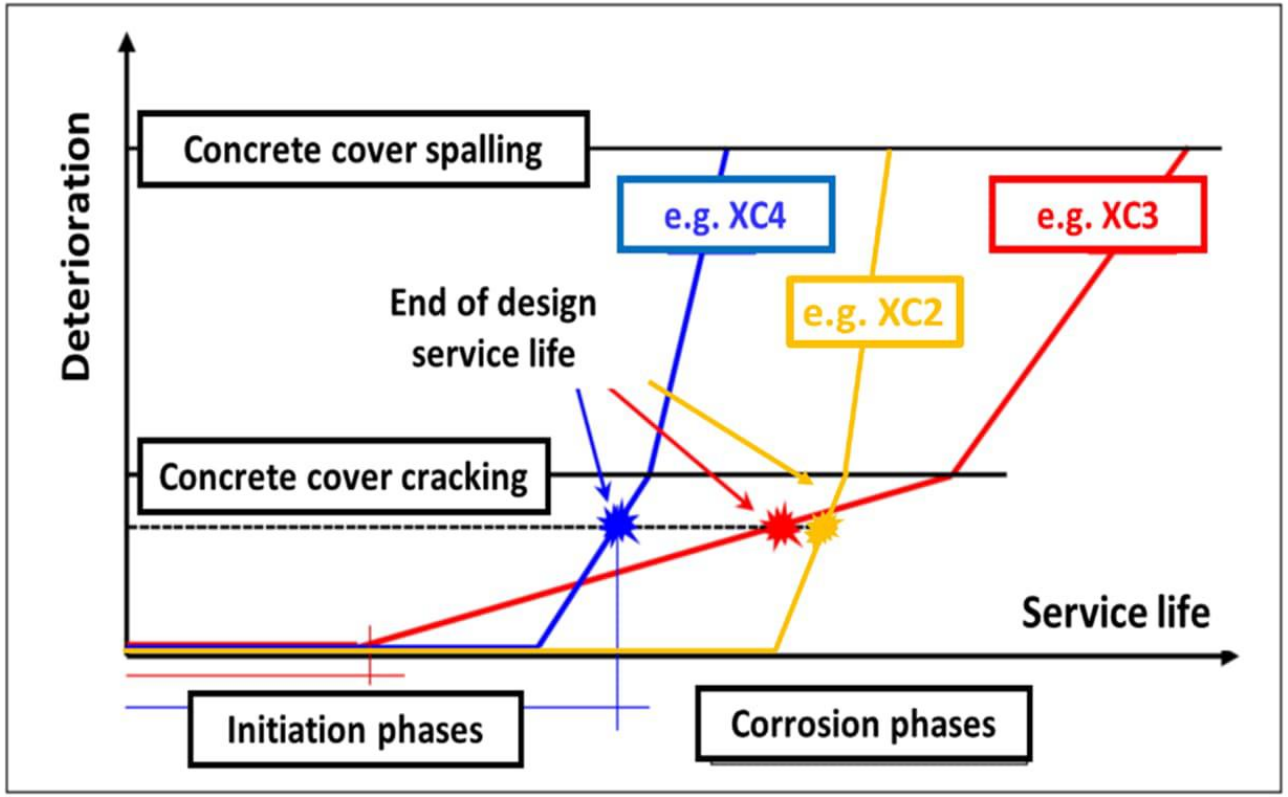
Egyes tájakon (pl. svájci Alpok) nem √t, hanem $t^{0,45}$



Forrás: CEN-TC_104_EN 206-100_N2329_Working_Draft_14_SC1_EN_206_Part_100_Exposure_resistance_class_concrete_v230606

Anyagmodellek a teljes és a félig valószínűségi tervezés során (BD-EC2)

(pl. betonfedés mértéke, acélbetét átmérő, korrózió sebessége, CO_2 koncentráció, rel. páratartalom)



A nedvességtartalom növekedésével együtt gyorsul a korrózió előrehaladása (t_{prop}), viszont lassul a karbonátosodás sebessége (tovább tart a t_{ini}).

Ezért az élettartam tervezése során figyelembe kell venni mind a korrózió kezdeti, mind pedig az előrehaladási szakaszát (t_{ini} és t_{prop}).

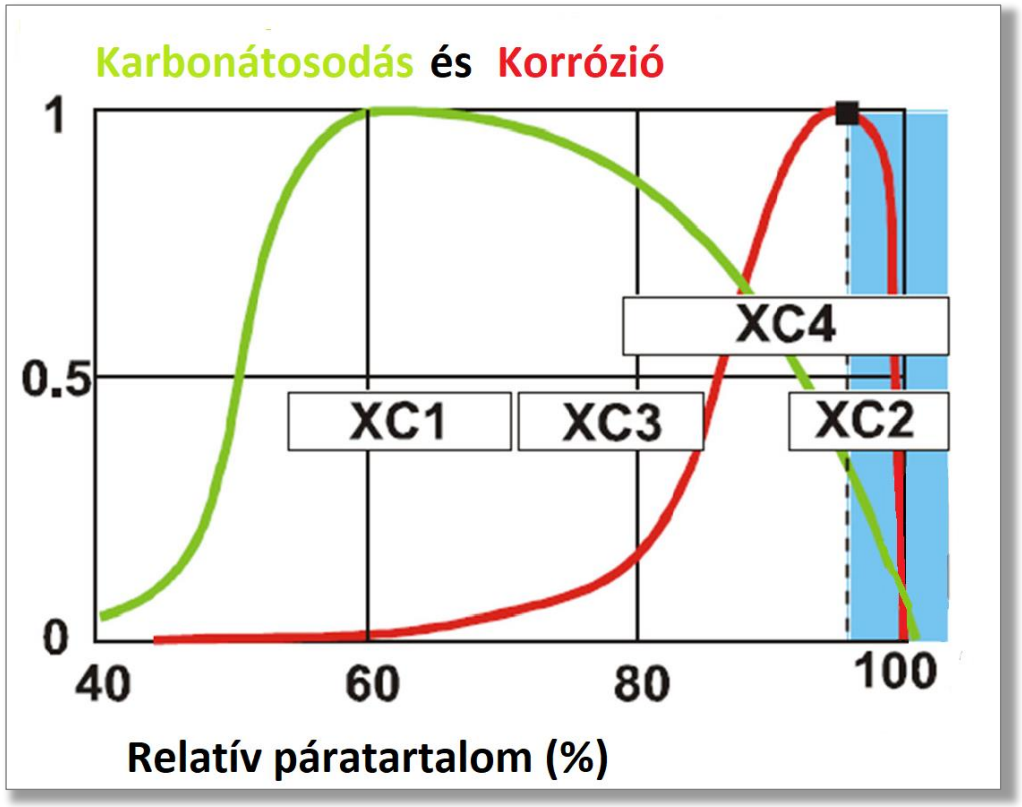
A tervezés során vizsgálandó kérdés, hogy a betonfedés tekintetében melyik hatás a dominánsabb.

Figure 2.1.2: Ranking between corrosion initiation phase and corrosion propagation phase

Forrás: BD-EC2, 81/878 old.

Melyik hatás a dominánsabb a tönkremenetelben; a karbonátosodás vagy a korrózió?

(tehát a leromlás kezdeti vagy az előrehaladási szakasza?)



- XC1: a karbonátosodás nagyon gyors, a korrózió előrehaladása nagyon lassú
  - *száraz környezet*
- XC2: a karbonátosodás nagyon lassú, a korrózió előrehaladása nagyon gyors (célszerű lehet a betonfedés növelése 5-10 mm-rel)
  - *nedves környezet, mészkioldódás veszélye*
- XC3: a karbonátosodás viszonylag gyors, a korrózió előrehaladása viszonylag lassú
  - *többnyire száraz kültéri, az időjárás közvetlen - esőzés - hatásától védett környezet*
- XC4: a karbonátosodás viszonylag lassú, a korrózió előrehaladása viszonylag gyors
  - *kültéri eső hatásának kitett váltakozva nedves és száraz időjárási körülmények között, mészkioldódás veszélye*

Forrás: Fritz Hunkeler előadása, 23. dia, fib Hungarian Group, 12-10-2023, BME, Budapest

Anyagmodellek a teljes és a félig valószínűségi tervezés során (BD-EC2)

(pl. betonfedés mértéke, acélbetét átmérő, korrózió sebessége, CO_2 koncentráció, rel. páratartalom)

Páratartalom hatása a korrózió sebességére

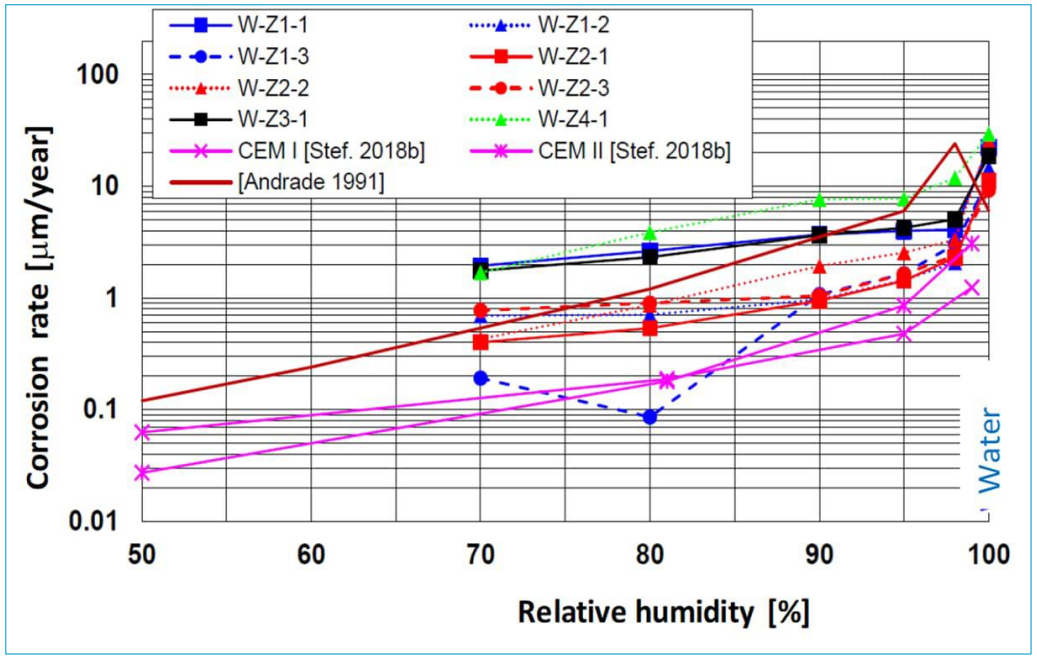


Figure 2.1.4: Corrosion rates in dependency of moisture conditions [Hunkeler et al. 2019]

Betonfedés/acélbetét átmérő hatása a repedésképződésre

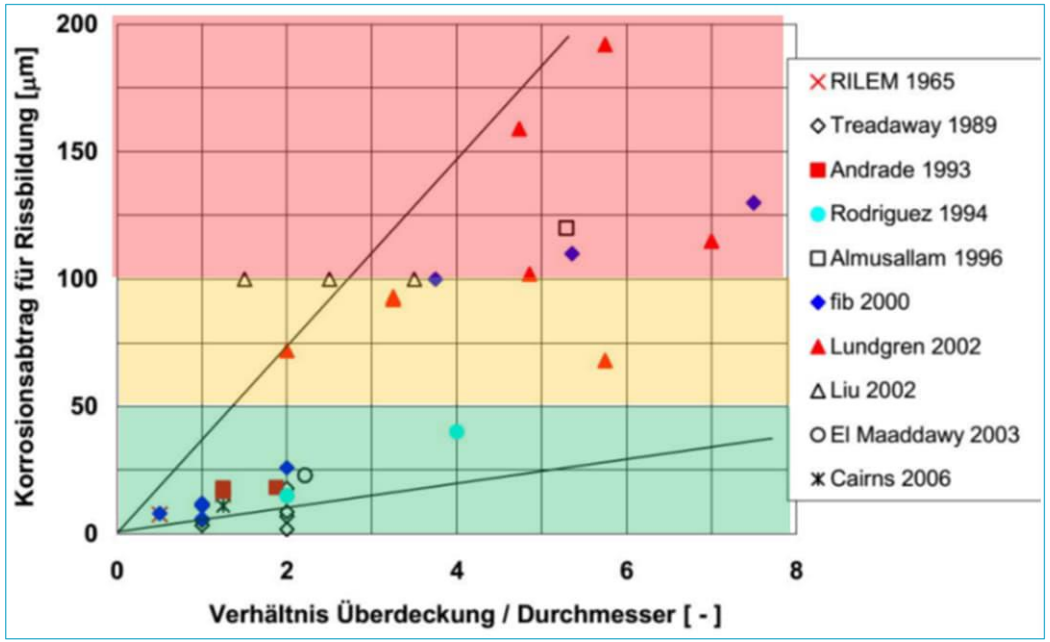


Figure 2.1.5: Corrosion loss for crack development in dependency of concrete cover versus rebar diameter according to [Hunkeler et al. 2006]

Forrás: BD-EC2, 87-88/878 old.

Mikroklimatikus körülmények figyelembevétele karbonátosodásnál (BD-EC2)

$$x_c(t) = \sqrt{2 \cdot (k_t \cdot R_{ACC,0}^{-1} + \varepsilon_t) \cdot C_s} \cdot \sqrt{k_e \cdot k_c} \cdot W(t) \cdot \sqrt{t} \qquad \text{Eq. (5)}$$

$$k_e = \left(\frac{1 - \left(\frac{RH_{real}}{100}\right)^5}{\left(1 - \left(\frac{65}{100}\right)^5\right)} \right)^{2.5} \qquad \text{Eq. (6)}$$

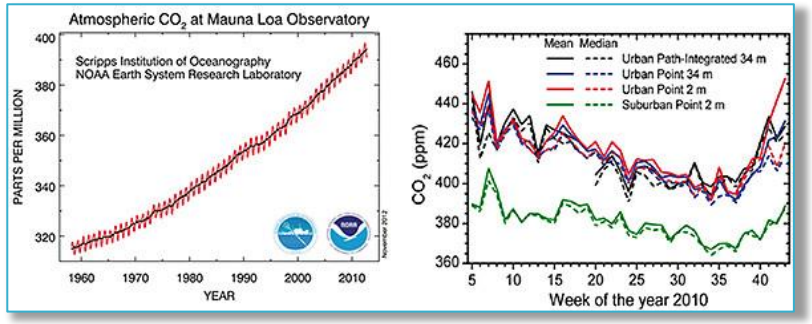
$$k_c = \left(\frac{t_c}{7}\right)^{b_c} \qquad \text{Eq. (7)}$$

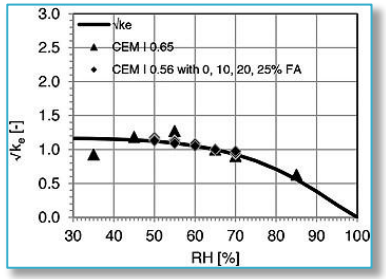
$$W(t) = \left(\frac{0.0767}{t}\right)^{\frac{(p_{dr} \cdot ToW)^{b_w}}{2}} = \left(\frac{0.0767}{t}\right)^{w} \qquad \text{Eq. (8)}$$

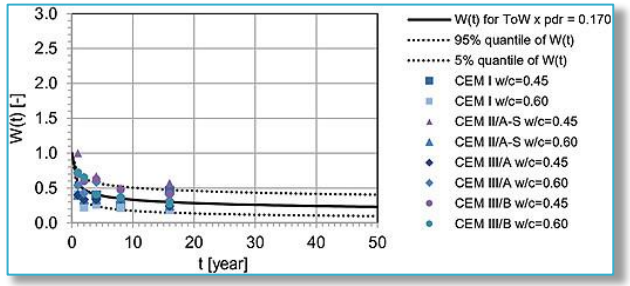
Where k_e and W(t) can be expressed by Eq. (9)

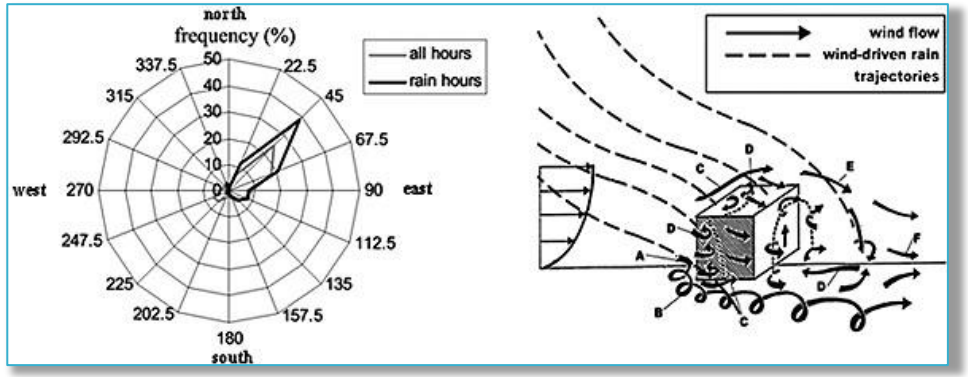
$$\sqrt{k_e} \cdot W(t) = \left[\sqrt{k_e} \cdot 0.0767^w\right] \cdot t^{-w} \qquad \text{Eq. (9)}$$

RH_{real}	relative humidity conditions [%]
k_e	accounts for a relative humidity deviating from 65%
k_c	accounts for the water curing time t_c in day different from 7 day water curing
W(t)	is a function that reduces the carbonation rate, when exposed to rain and exposure starts at a concrete age of 28-day
k_t	is a regression parameter [-] $\mu = 1.25$, $\sigma = 0.35$
$R^{-1}_{ACC,0}$	is the inverse carbonation resistance of concrete [$mm^2.year^{-1}kg^{-1}.m^3$]
ε_t	error term for inaccuracies which occur conditionally when using the accelerated test method in [$mm^2.year^{-1}kg^{-1}.m^3$] $\mu = 315.5$, $\sigma = 48$
C_s	is the CO_2 concentration of the ambient air [kg/m^3] $\mu = 0.00082$, $\sigma = 0.0001$
b_c	exponent [-] $\mu = -0.567$, $\sigma = 0.024$
b_w	exponent [-] $\mu = 0.446$, $\sigma = 0.163$
ToW	time of wetness [-]
p_{dr}	probability of wind driven rain [-]



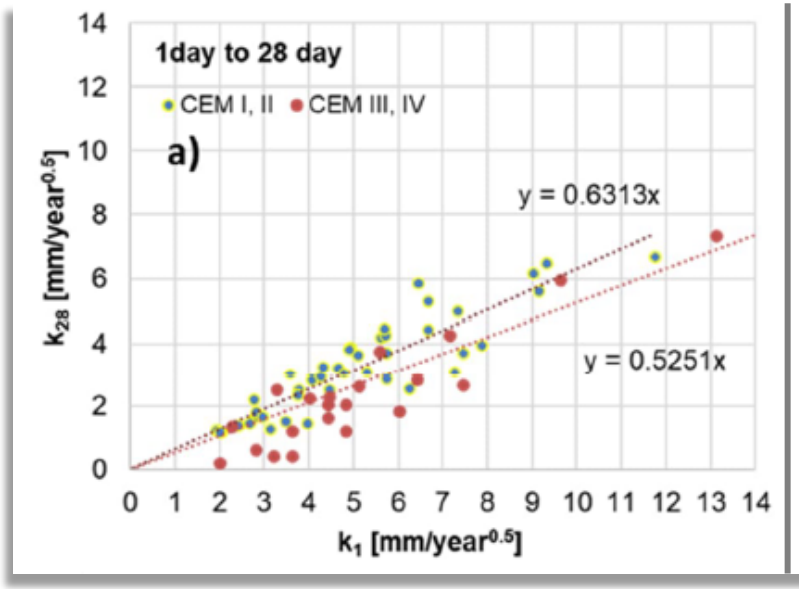


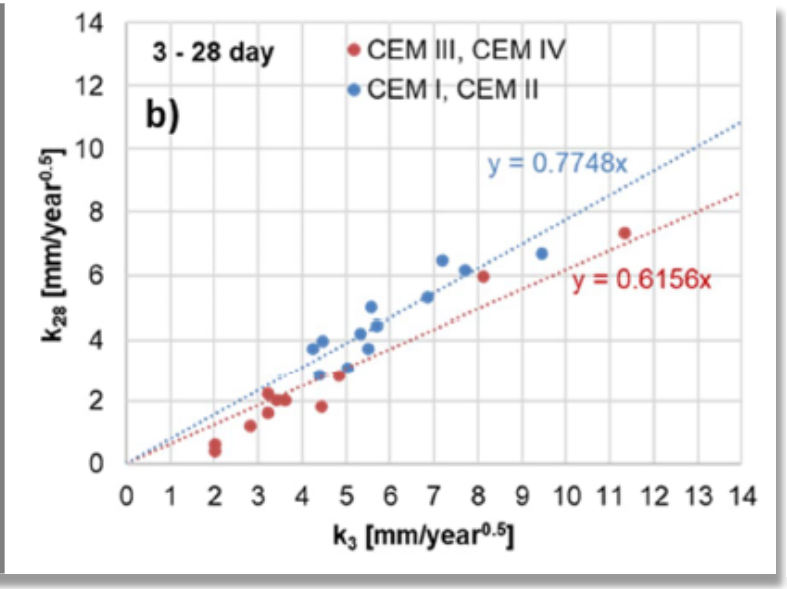


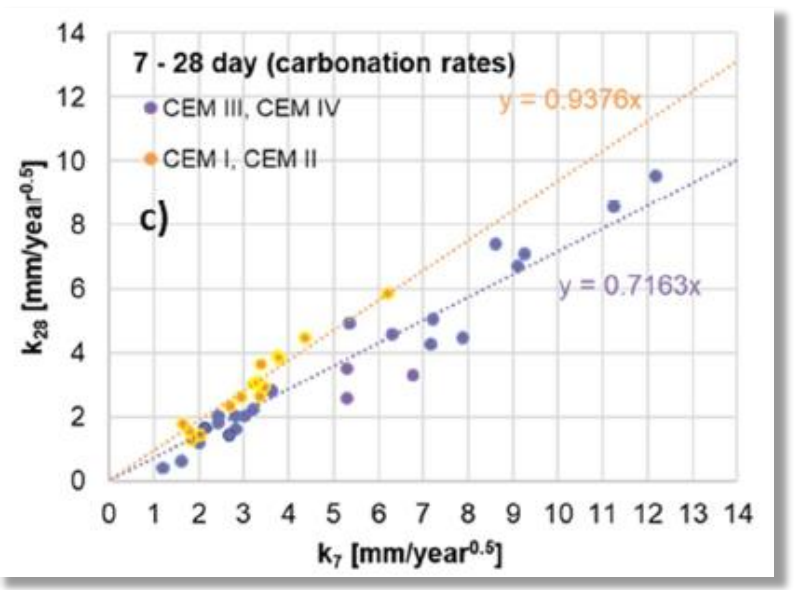


Forrás: BD-EC2, 84/878 old.

Utókezelés hatása a cementfajták karbonátosodási együtthatójára (BD-EC2)







Cementfajta	Utókezelési időtartam hatása a karbonátosodási együtthatóra			
	28 nap	**1 nap**/28 nap	**3 nap**/28 nap	**7 nap**/28 nap
CEM I, II	100%	1/0,6313 = **158%**	1/0,7748 = **129%**	1/0,9376 = **107%**
CEM III, IV	100%	1/0,5251 = **190%**	1/0,6156 = **162%**	1/0,7163 = **140%**

Forrás: BD, 100/878 old.

A tervezési, a kivitelezési és az anyagszabvány kapcsolata (BD-EC2)

Table 6.3 (NDP) — Minimum concrete cover $c_{min,dur}$ for carbon reinforcing steel — Carbonation

ERC	Exposure class (carbonation)							
	XC1		XC2		XC3		XC4	
	Design service life (years)							
	50	100	50	100	50	100	50	100
XRC 0,5	10	10	10	10	10	10	10	10
XRC 1	10	10	10	10	10	15	10	15
XRC 2	10	15	10	15	15	25	15	25
XRC 3	10	15	15	20	20	30	20	30
XRC 4	10	20	15	25	25	35	25	40
XRC 5	15	25	20	30	25	45	30	45
XRC 6	15	25	25	35	35	55	40	55
XRC 7	15	30	25	40	40	60	45	60

NOTE 1 XRC classes for resistance against corrosion induced by carbonation are derived from the carbonation depth [mm] (characteristic value 90 % fractile) assumed to be obtained after 50 years under reference conditions (400 ppm CO_2 in a constant 65 %-*RH* environment and at 20 °C). The designation value of XRC has the dimension of a carbonation rate [mm/$\sqrt{}$(years)].

NOTE 2 The recommended minimum concrete cover values $c_{min,dur}$ assume execution and curing according to EN 13670 with at least execution class 2 and curing class 2.

NOTE 3 The minimum covers can be increased by an additional safety element $\Delta c_{dur,\gamma}$ considering special requirements (e.g. more extreme environmental conditions).

conditions (400 ppm CO_2 in a constant 65 %-*RH* environment and at 20 °C). The designation value of XRC has the dimension of a carbonation rate [mm/$\sqrt{}$(years)].

NOTE 2 The recommended minimum concrete cover values $c_{min,dur}$ assume execution and curing according to EN 13670 with at least execution class 2 and curing class 2.

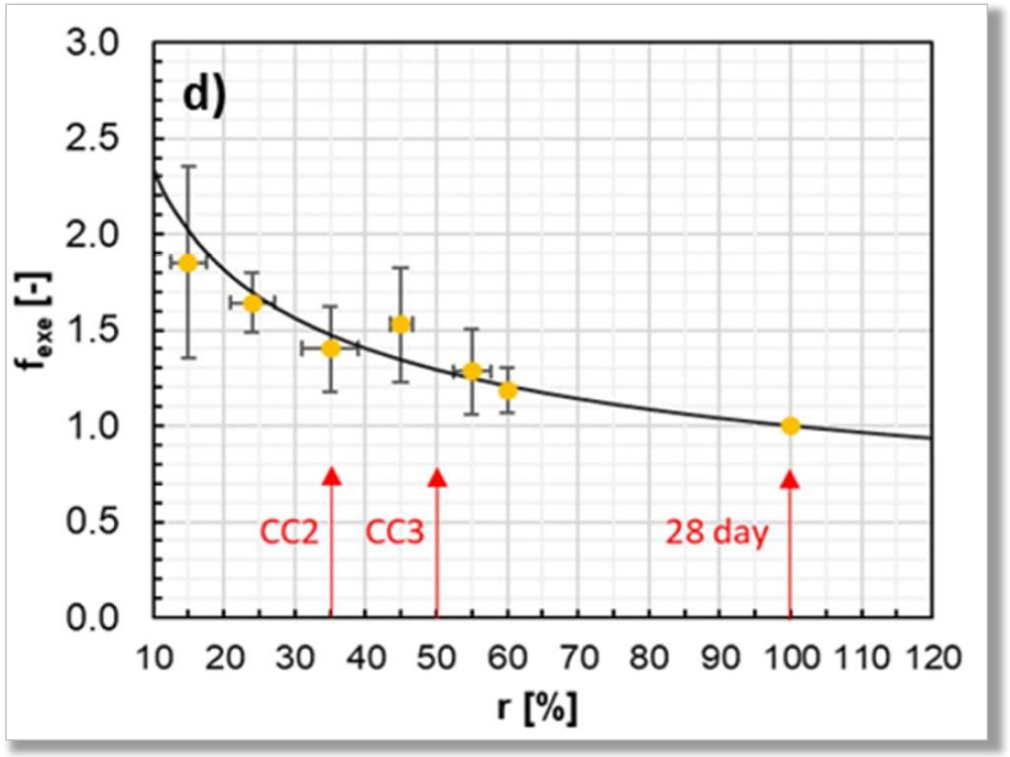
NOTE 3 The minimum covers can be increased by an additional safety element $\Delta c_{dur,\gamma}$ considering special requirements (e.g. more extreme environmental conditions).

CC2 utókezelési osztály esetére f_{exe}=1.45

CC3 utókezelési osztály esetére f_{exe}=1.3

CC4 utókezelési osztály esetére $_{fexe}$=1.1

A labor- és a helyszíni körülmények közötti eltérés („transfer factor”). Ezzel még találkozunk később



Forrás: BD, 100/878 old.

A tervezési élettartam megbízhatósági ellenőrzése (BD-EC2)

A.3 Reliability associated to the end of design service life

(1) The reliability of the limit state associated to the end of design service life can be verified by different methods. Figure A.2 [xx]shows two methods. In Figure A.2 a) the reliability limit state associated to the end of design service life is verified by deducing the ingress depth from concrete cover depth at initiation time. In Figure A.2 b) the limit state associated with the end of design service life is verified by deducing the degradation time, which is the sum of initiation time and corrosion propagation time, from design service life.

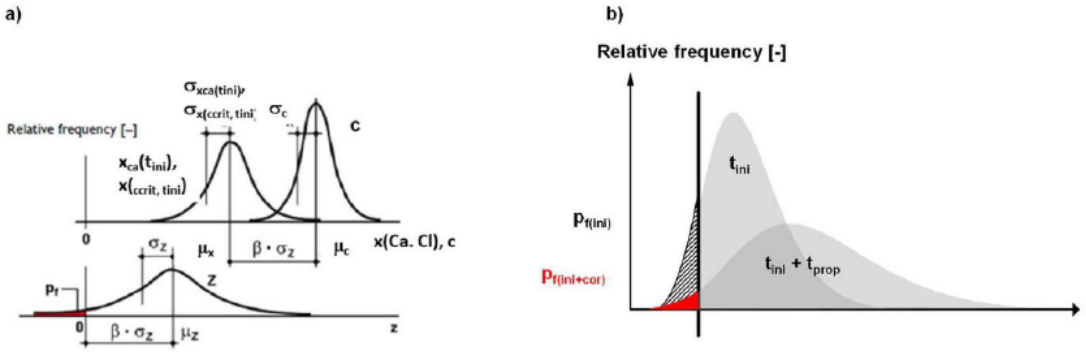


Figure A.2 - Verification of the reliability associated with the end of service life a) by deducing the carbonation/chloride depth x at initiation time t_{ini} (load) from concrete cover depth c (resistance) and b) by deducing the sum of initiation and corrosion propagation time from design service life

(2) Eq. A.2 and Eq. A.3 show the limit state functions associated with the two verification approaches a) and b) from Figure A.2 a) and b), where $g(X)$ is the limit state function and c is the concrete cover in mm.

$$g(X) = c - x(t_{ini}) < 0 \qquad \text{(A.2)}$$

$$g(X) = t_{SL} - (t_{ini} + t_{prop}) < 0 \qquad \text{(A.3)}$$

Van lehetőség a teljes és a félig valószínűségi tervezésre

Forrás: BD, 71/878 old.

XRC osztályok

Van lehetőség a táblázatos adatok szerinti tervezésre

A beton anyagtanával foglalkozó CEN/TC 104 bizottság két további osztály bevezetésére tett javaslatát (XRC 9 és XRC 12) elutasították, de nemzeti szinten bármi bevezethető

A franciák és a spanyolok esetenként csökkentik az EC-2 táblázatos betonfedését

Table 6.3 (NDP) — Minimum concrete cover $c_{min,dur}$ for carbon reinforcing steel — Carbonation

ERC	Exposure class (carbonation)							
	XC1		XC2		XC3		XC4	
	Design service life (years)							
	50	100	50	100	50	100	50	100
XRC 0,5	10	10	10	10	10	10	10	10
XRC 1	10	10	10	10	10	15	10	15
XRC 2	10	15	10	15	15	25	15	25
XRC 3	10	15	15	20	20	30	20	30
XRC 4	10	20	15	25	25	35	25	40
XRC 5	15	25	20	30	25	45	30	45
XRC 6	15	25	25	35	35	55	40	55
XRC 7	15	30	25	40	40	60	45	60

NOTE 1 XRC classes for resistance against corrosion induced by carbonation are derived from the carbonation depth [mm] (characteristic value 90 % fractile) assumed to be obtained after 50 years under reference conditions (400 ppm CO_2 in a constant 65 %-*RH* environment and at 20 °C). The designation value of XRC has the dimension of a carbonation rate [mm/$\sqrt{}$(years)].

NOTE 2 The recommended minimum concrete cover values $c_{min,dur}$ assume execution and curing according to EN 13670 with at least execution class 2 and curing class 2.

NOTE 3 The minimum covers can be increased by an additional safety element $\Delta c_{dur,\gamma}$ considering special requirements (e.g. more extreme environmental conditions).

Forrás: EN 1992-1-1:2023 Design of concrete structures, Part 1-1_v230723

XRDS osztályok

Van lehetőség a táblázatos adatok szerinti tervezésre

A beton anyagtanával foglalkozó CEN/TC 104 bizottság három további osztály bevezetésére tett javaslatát (XRDS 15, 25 és 50) elutasították, de nemzeti szinten bármi bevezethető

A franciák és a spanyolok esetenként csökkentik az EC-2 táblázatos betonfedését is

Table 6.4 (NDP) — Minimum concrete cover $c_{min,dur}$ for carbon reinforcing steel — Chlorides

ERC	Exposure class (chlorides)											
	XS1		XS2		XS3		XD1		XD2		XD3	
	Design service life (years)						Design service life (years)					
	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100
XRDS 0,5	20	20	20	30	30	40	20	20	20	30	30	40
XRDS 1	20	25	25	35	35	45	20	25	25	35	35	45
XRDS 1,5	25	30	30	40	40	50	25	30	30	40	40	50
XRDS 2	25	30	35	45	45	55	25	30	35	45	45	55
XRDS 3	30	35	40	50	55	65	30	35	40	50	55	65
XRDS 4	30	40	50	60	60	80	30	40	50	60	60	80
XRDS 5	35	45	60	70	70	—	35	45	60	70	70	—
XRDS 6	40	50	65	80	—	—	40	50	65	80	—	—
XRDS 8	45	55	75	—	—	—	45	55	75	—	—	—
XRDS 10	50	65	80	—	—	—	50	65	80	—	—	—

NOTE 1 XRDS classes for resistance against corrosion induced by chloride ingress are derived from the depth of chlorides penetration [mm] (characteristic value 90 % fractile), corresponding to a reference chlorides concentration (0,6 % by mass of binder (cement + type II additions)), assumed to be obtained after 50 years on a concrete exposed to one-sided penetration of reference seawater (30 g/l NaCl) at 20 °C. The designation value of XRDS has the dimension of a diffusion coefficient [10^{-13} m^2/s].

NOTE 2 The recommended minimum concrete cover values $c_{min,dur}$ assume execution and curing according to EN 13670 with at least execution class 2 and curing class 2.

NOTE 3 The minimum covers can be increased by an additional safety element $\Delta c_{dur,\gamma}$ considering special requirements (e. g. more extreme environmental conditions).

Forrás: EN 1992-1-1:2023 Design of concrete structures, Part 1-1_v230723

Kloridbehatolás

A betonba való kloridbehatolás mai műszaki ismereteink szerint feltételezhetően megfelel a következő egyenletnek:
(a modell/egyenlet részleteit ugyancsak a *fib* Bulletin 34 és az ISO 16204 tartalmazza)

Kloridbehatolás a betonba Fick II.,
módosított diffúziós törvénye alapján
(módosítás a beton kötőanyagainak „genetikai adottságai" miatt)

$$C(x,t) = C_0 + (C_{S,\Delta x} - C_0) \cdot \left[1 - erf \frac{x - \Delta x}{2 \cdot \sqrt{D_{app}(t) \cdot t}}\right]$$

$$D_{app}(t) = D_{app}(t_0) \cdot \left(\frac{t_0}{t}\right)^{\alpha}$$

Az egyenlet Fick II. (diffúziós) törvényén alapul – mert a porózus anyagokban **az ion- és molekulavándorlás fő mechanizmusa a diffúzió**.
A vízben oldott ionok diffúziója sokkal lassúbb folyamat, mint pl. a kapilláris vízfelszívás vagy a gázok diffúziója.
Bár a diffúzió a legfontosabb, de csak egyike a kloridbehatolást előidéző mechanizmusoknak (pl. kapilláris vízfelszívás, kloridkötés, karbonátosodott réteg, elektromos vezetőképesség stb.)

1. Miért kell az új EC-2 vezérszabvány és a kapcsolódó új betonszabványok?
2. Az új EC-2 kulcsfontosságú változásai (tartósság számszerűsítése)
3. CEN/TR és nemzeti javaslatok
4. Magyar javaslatok a tartósági tervezésére
5. Tartósság és fenntarthatóság
6. Összegzés

Mit javasol a CEN/TR dokumentum?

XRC osztályokban javasolt karbonátosodási együtthatók

Table B.2 – Examples of maximum average values to be obtained in laboratory tests to meet the requirements of each ERC class

XRC class	Maximum average values by prEN 12390-10:2025 (chamber) mm/year$^{0.5}$			
	f_{exe} = 1		f_{exe} = 1,45	
	n_{XRC} = 0,05	n_{XRC} = 0	n_{XRC} = 0,05	n_{XRC} = 0
0,5	0,4	0,4	0,3	0,2
1	0,9	0,7	0,6	0,5
2	1,8	1,4	1,2	1,0
3	2,6	2,2	1,8	1,5
4	3,5	2,9	2,4	2,0
5	4,4	3,6	3,0	2,5
6	5,3	4,3	3,6	3,0
7	6,2	5,1	4,2	3,5
9	7,9	6,5	5,5	4,5
12	10,5	8,7	7,3	6,0

XRDS osztályokban javasolt kloridmigrációs együtthatók

Table B.4 – Examples of maximum average values to be obtained in laboratory tests to meet the requirements of each XRDS class for different ageing factors

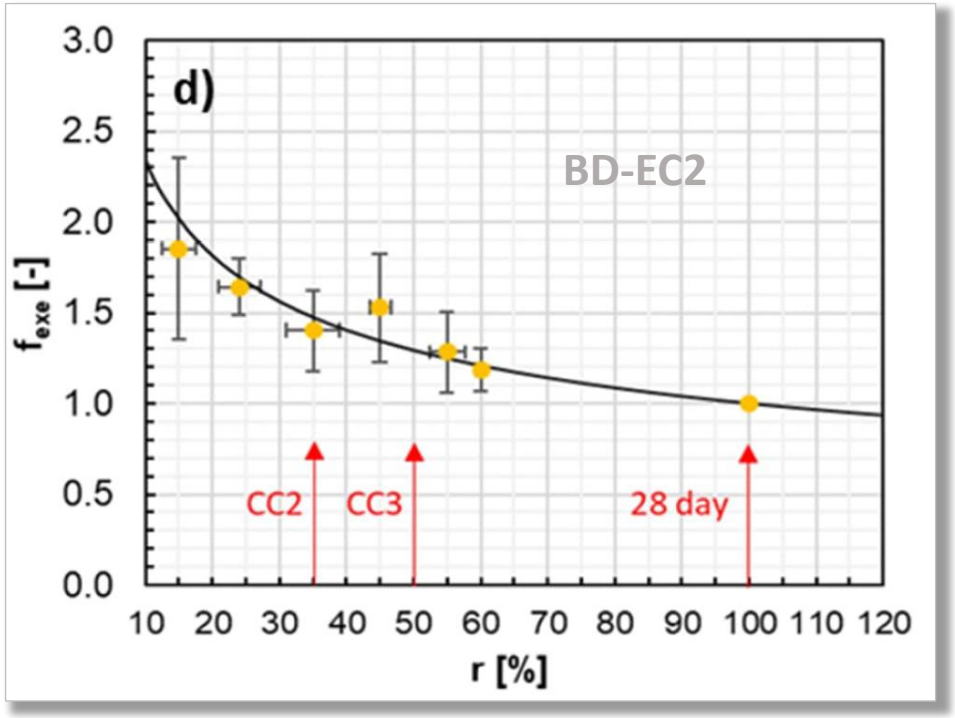
XRDS class	Maximum average values by EN pr12390-11:2025 (90 days) x 10^{-12} m^2/s			
	$\alpha \geq 0,3$	$\alpha \geq 0,4$	$\alpha \geq 0,5$	$\alpha \geq 0,6$
0,5	0,2	0,3	0,5	0,8
1	0,3	0,6	0,9	1,6
1,5	0,5	0,8	1,4	2,4
2	0,7	1,1	1,9	3,2
3	1,0	1,7	2,8	4,8
4	1,3	2,2	3,8	6,4
5	1,6	2,8	4,7	8,0
6	2,0	3,3	5,7	9,6
7	2,3	3,9	6,6	11,2
8	2,6	4,4	7,5	12,8
10	3,3	5,5	9,4	16,0

CEN/TR javaslat a transzportbeton forgalomba hozatalához szükséges laboratóriumi átlagértékre

/mert az utókezeléstől is függ a tartósság/

Karbonátosodási együttható, CC és XRC osztályok

XRC osztály	90% fraktilis, mm/√év	Max. átlagérték az MSZ EN 12390-10 laboratóriumi teszt során ahhoz, hogy az adott ERC osztály követelménye teljesüljön, mm/√év			
		f_{exe}=1	f_{exe}=1,1 (CC4)	f_{exe}=1,3 (CC3)	f_{exe}=1,45 (CC2)
XRC 0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2
XRC 1	1	0,7	0,7	0,6	0,5
XRC 2	2	1,4	1,3	1,1	1
XRC 3	3	2,2	2	1,7	1,5
XRC 4	4	2,9	2,6	2,2	2
XRC 5	5	3,6	3,3	2,8	2,5
XRC 6	6	4,3	3,9	3,3	3
XRC 7	7	5,1	4,6	3,9	3,5
XRC 9	9	6,5	5,9	5	4,5
XRC 12	12	8,7	7,9	6,7	6

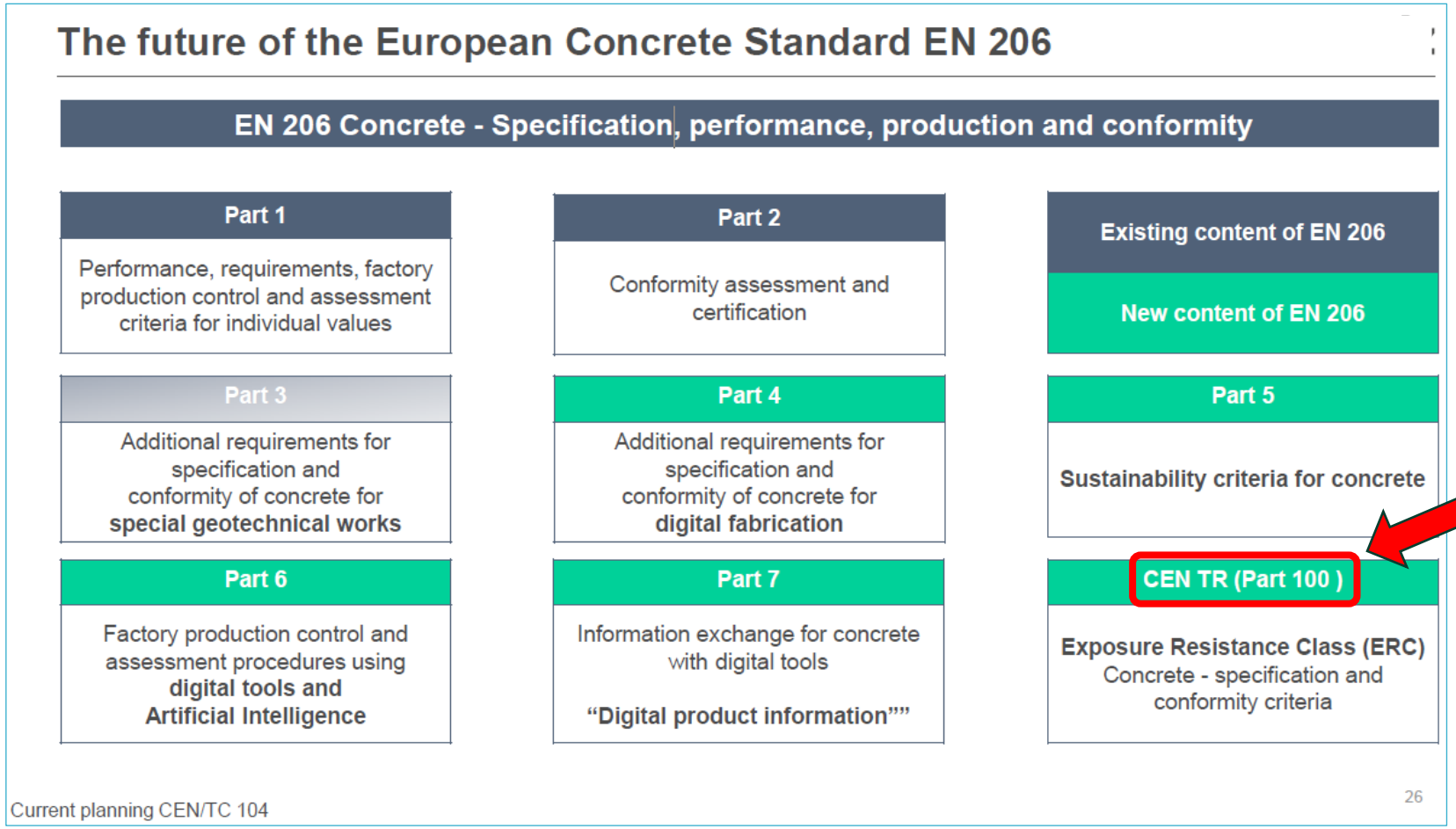


- 90% fraktilis: érték referencia körülményhez (EN 12390-10)
- f_{exe}=1,0: labor átlagérték, referencia körülmény esetére
- f_{exe}=1,1: labor átlagérték, ha a szerkezet utókezelése CC4
- f_{exe}=1,3: labor átlagérték, ha a szerkezet utókezelése CC3
- f_{exe}=1,45: labor átlagérték, ha a szerkezet utókezelése CC2

Megj. referencia körülmény: tárolás 28 napig 20°C-os vízben, majd klímakamrában: T=20°C, RH:65%, 400 ppm CO_2 (lásd EN 12390-10)

Forrás: BD-EC2, 100/878 old.

Mi ez a CEN/TR dokumentum?



Az EC-2 tartósági fejezetéhez ez a legfontosabb dokumentum, de ezt sajnos nem EN szabvány, hanem TR formában adják ki ez év vége táján

A TR dokumentum tulajdonképpen egy „lovak közé dobott gyeplő”

Az EN 1992-1-1:2023 (EC-2) szabványt jóváhagyták. Ez a szabvány vezette be az ERC-koncepciót. Eszerint a beton jellemzőit a szilárdsági osztály, valamint a karbonátosodással és a kloridokkal szembeni ellenállás határozza meg. A tervezés alapjaként az EN 206 szabvány adja meg az EC-2 követelményeihez igazodó kereteket.

Még ha nem is tudtunk megegyezni az ERC európai szabványban, minden tagállamnak, amely az EC-2 szerinti tartósági tervezés fő irányát kívánja követni nemzeti szabványokat kell kidolgozni az ERC koncepcióhoz. Minden tagállam maga határozza meg az ERC szabályait a nemzeti szabványokban vagy a felhasználás helyén érvényes nemzeti mellékletekben.

EN 1992-1-1:2023 (EC2) is approved. This standard introduced the ERC-concept. Hence concrete specifications will consist of strength class and resistance to carbonation and/or resistance to chloride ingress class. To provide a foundation for design, the product standard EN 206-series must give the framework for the concrete corresponding to the specification from EC2.

Even if we were not able to agree on a European standard for ERC, all member states that want to follow the main route in EC2 for durability design now need to develop national standards for ERC. Each member state will set its rules in national standards or national annex as provisions in the place of use.

Forrás: CEN/TC 104/SC 1 N 1580 "Concrete - Specification, performance, production and conformity„, Memo binder 2025-03-03_

A „lovak közé dobott gyeplő”

- Nemzeti szabvány, melléklet stb. dönti majd el, hogy milyen határértékek elérése esetén kaphatja meg egy beton az adott ERC jelölést

- *„Vigyázat! Ezzel Pandora szelencéjét nyitjuk ki, mert a nemzeti szabványokat nem feltétlenül megalapozott szakmai megfontolások vezérlik, hanem esetenként lobbiérdekek”* – S. H.
  (lásd ilyen volt nálunk pl. az MSZ 4799 szabvány - SF)

- *„New cement types might cause premature reinforcement corrosion”*- prof. Fritz Hunkeler

részlet F. Hunkeler előadásából, *fib* Hungarian Group, 12-10-2023, BME, Budapest

Spanyolok-1 /karbonátosodás/

„These concepts are being incorporated to the draft of the Spanish National Annex for application of EN 1992-1-1

At present the Spanish CT-83-Concrete (mirror of TC-104) has accepted to develop a standard on the ERC approach…"

ERC Classification <u>by Testing</u> (5 főbb táblázat)

Spanyolországban csak előzetes vizsgálatok alapján hozható forgalomba a tartósnak szánt transzportbeton

1. Classification of Carbonation Resistance Classes (ERC-XRC)

	Mean value of carbonation rate in the ITT based on UNE-EN 12390-10 (mm/√year)
XRC0,5	0.5
XRC1	1.0
XRC2	2.0
XRC3	3.0
XRC4	4.0
XRC5	5.0
XRC6	6.0
XRC7	7.0

Table 1. Average limit value of the carbonation classes

Exposure class	Corrosion rate (fractil 50%) and corrosion propagation and corresponding initiation periods*			
	V_{corr} (µm/año)	t_{prop}*	t_{ini}*	
			50 años	100 años
XC1	1	50	0	50
XC2	4	12,5	37,5	87,5
XC3	2	25	25	75
XC4	5	10	40	90

*Rounded value

Table 2 Corrosion rate and corrosion propagation periods with their corresponding initiation periods for 50 and 100 years life

Az EN 1992-1-1 szerinti <u>c_{min} betonfedést esetenként csökkentik</u>, mert ismerik a korrózió előrehaladási sebességét (t_{prop})

A CEN/TR ajánlás kétszerese is megengedett

Spanyolok-2 /kloridállóság/

2. Chloride Resistance Classification (XRDS)

Mean value of the apparent diffusion coefficient for several ageing exponents (50 years' service life and t_0 = 28 days) $\times 10^{-12}$ m²/s*					
Value of a during 50 years	**α ≥ 0,0 CEM I low in aluminates**	**α ≥ 0,3 CEM I high in aluminates**	**α ≥ 0,4 CEM II -A**	**α ≥ 0,5 CEM II B, CEM IV**	**α ≥ 0,6 CEM III**
XRDS0,5	0,05	0,35	0,7	1,3	2,5
XRDS 1	0,1	0,7	1,4	2,6	4,9
XRDS1,5	0,15	1,05	2	3,9	7,3
XRDS 2	0,2	1,4	2,7	5,1	9,8
XRDS 3	0,3	2,1	4	7,7	14,6
XRDS 4	0,4	2,8	5,3	10,2	19,5
XRDS 5	0,5	3,5	6,7	12,8	24,4
XRDS 6	0,6	4,2	8	15,3	29,3
XRDS 8	0,8	5,6	10,7	20,4	39
XRDS 10	1	7	13,4	25,5	48,8

Table 3. Average limit value of chloride classes, XRDS, based on EN 12390-11 - Natural diffusion test with various age exponents applied to the diffusion coefficient over 50 years of service life

A CEN/TR ajánlás kb. 3-szorosa is megengedett

Table 4. Corrosion rate and corrosion propagation and corresponding initiation periods for 50 and 100 years life

Exposure Class	Corrosion rate (fractil 50%) and corrosion propagation and corresponding initiation periods*			
	V_{corr} (µm/year)	t_{prop*}	t_{ini*}	
			50 years	100 years
XS1	30	15	35	85
XS2	**	5	45	95
XS3	**	5	45	95
XD1	30	15	35	85
XD2	**	5	45	95
XD3	**	5	45	95

*Rounded value

** Corrosion rate can be very high

A kémiai összetétel alapján két kor-tényezős csoportba sorolják a CEM I fajtákat. A szokásos CEM I fajták gyakorlatilag nem használhatók.

A sós permetnek enyhén kitett szerkezetek esetében (XD1 és XS1) figyelembe veszik a t_{prop} betonfedést csökkentő hatását

Spanyolok-3 /kloridállóság/

2. Chloride Resistance Classification (XRDS)

Resistivity classification for chlorides

Mean values of resistivity (Ω·m) for several ageing exponents using a value of F_{xc}= 7,5x10-4 (50 years service life and t_0 = 28 days)					
Value of a during 50 years	**α ≥ 0,0**	**α ≥ 0,3**	**α ≥ 0,4**	**α ≥ 0,5**	**α ≥ 0,6**
Type of cement	**CEM I** Low in aluminates	**CEM I** High in aluminates	**CEM II-A**	**CEM II_B CEM IV**	**CEM III**
XRDS 0,5	15000	2150	1071	577	300
XRDS 1	7500	1070	535	288	155
XRDS1,5	5000	715	375	192	105
XRDS 2	3750	535	280	147	77
XRDS 3	2500	357	188	98	52
XRDS 4	1875	268	140	75	40
XRDS 5	1500	215	112	60	30
XRDS 6	1250	180	94	50	25
XRDS 8	937,5	134	70	37	20
XRDS 10	750	107	56	30	15

Table 5. Average resistivity limit values (Ω·m) for chloride environments at 28 days according to EN 12390-19 for service lifes of 50 years, applying the ageing exponent over that entire period.

A „macerás” és igen költséges EN 12390-11 szerinti kloriddiffúziós mérést kiegészítik (helyettesítik?) az EN 12390-19 szerinti elektromos ellenállás gyors mérésével

Franciák-1 /karbonátosodás/

F. Toutlemonde & F. Cussigh on behalf of AFNOR/P18B/GE CR mirror group, March 25th, 2026

Table 6.3 (NDP) — Minimum concrete cover $c_{min,dur}$ for carbon reinforcing steel — Carbonation

ERC	Exposure class (carbonation)							
	XC1		XC2		XC3		XC4	
	Design service life (years)							
	50	100	50	100	50	100	50	100
XRC 0,5	10	10	10	10	10	10	10	10
XRC 1	10	10	10	10	10	15	10	15
XRC 2	10	15	10	15	15	25	15	25
XRC 3	10	15	15	20	20	30	20	30
XRC 4	10	20	15	25	25	35	25	40
XRC 5	15	25	20	30	25	45	30	45
XRC 6	15	25	25	35	35	55	40	55
XRC 7	15	30	25	40	40	60	45	60

NOTE 1 XRC classes for resistance against corrosion induced by carbonation are derived from the carbonation depth [mm] (characteristic value 90 % fractile) assumed to be obtained after 50 years under reference conditions (400 ppm CO_2 in a constant 65 %-*RH* environment and at 20 °C). The designation value of XRC has the dimension of a carbonation rate [mm/$\sqrt{}$(years)].

NOTE 2 The recommended minimum concrete cover values $c_{min,dur}$ assume execution and curing according to EN 13670 with at least execution class 2 and curing class 2.

NOTE 3 The minimum covers can be increased by an additional safety element $\Delta c_{dur,\gamma}$ considering special requirements (e.g. more extreme environmental conditions).

ERC	*Exposure class*							
	XC1		*XC2*		*XC3*		*XC4*	
	Design service life (years)							
	50	*100*	*50*	*100*	*50*	*100*	*50*	*100*
XRC 2					***15***	***25***	*20*	*30*
XRC 3					***20***	***30***	*25*	*35*
XRC 4		*15*		***25***	***25***	***35***	*30*	***40***
XRC 5			*15*	***30***				
XRC 6			*20*	***35***				
XRC 7	*10*	*20*	***25***					
XRC 9	*15*	*25*						

*A simple **model** has been used **to relate the carbonation rate and the recommended cover depths** (see table 6.3 (NDP) below), namely:*

$$c_{min,dur} = \Delta c_\beta + k \,.\, k_e \,.\, (t_{SL} - t^*_{prop})^{alpha_e}$$

In this equation: k is the reference "nominal average" carbonation rate corresponding to the XRC definition, it is derived from the performance criterion expressed as characteristic accelera… …ctor 3.0; alpha_e is the exponent associat… …nation front, k_e describes the influence of the relati… …e alpha_e varies depending on the exposure… … = 1.0; 0.5; 0.87; 0.83 and alpha_e equal to 0.5; 0.… …vely. The additional margin Δc_β (3 mm for t_{SL} = 50 y… …roduced to extrapolate from 90 % quantile … …equal to 1,5.

*From ex… …lowing durations have been considered for the a… … propagation under XC classes: 10 years for XC2, … …er XC1 conditions, the effective propagat… …vidence, nor is the corrosion rate precisely measured in the laboratory. It has yet been considered that it should not exceed 96% of the design service life, so that $t_{SL} - t^*_{prop}$ be at least 2 years for 50 years-design service life and 4 years for 100 years-design service life structures. Moreover, to better address the case of **concrete mixes with blended cements**, the acceptable durations of reinforcement **corrosion propagation have been extended** to 15, 25 and 20 years for resistivity between 100 and 175 Ω.m and to 20, 30 and 30 years for XC2, XC3 and XC4 classes respectively.*

A franciák esetenként csökkentik, máskor pedig növelik az EN 1992-1-1 szerinti c_{min} betonfedést a korrózió előrehaladási sebessége beszámításával (t_{prop})

A franciák korlátozzák az egyes hatásosztályokhoz alkalmazható ellenállási osztályokat
(ez jó a tervezőknek, kivitelezőknek és gyártóknak is)

Franciák-2 /karbonátosodás/

XRC	Criteria using the **EN 12390-12** carbonation test * (mm/sqrt(days))		
	Resistivity <100 Ω.m	100 Ω.m ≤ resistivity < 175 Ω.m	Resistivity ≥ 175 Ω.m
2	1	1,4	Work in progress
3	1,4	1,8	
4	1,8	2,2	
5	2,2	2,6	
6	2,6	3	
7	3	3,5	
9	4		

***ERC concrete will be first confirmed by testing**, in continuity with provisions given in AFNOR/FD P18-480 guidance document*

*Criteria are given as **characteristic values**. From the concrete producer experience, compliance thresholds during concrete mix qualification shall account for the expected variation, with a **minimal 20% CoV** value. Criteria have been based on AFNOR/XP P18-458. They are given in terms of **accelerated carbonation rate at 90 days**, since a correlation (based on measurement) has been established with natural carbonation rate. Threshold **values depend on the concrete resistivity range**, since a **longer corrosion propagation time (correlated to a higher resistivity) possibly compensates a shorter initiation time.***

Franciaországban is csak előzetes vizsgálatok alapján hozható forgalomba a tartósnak szánt transzportbeton

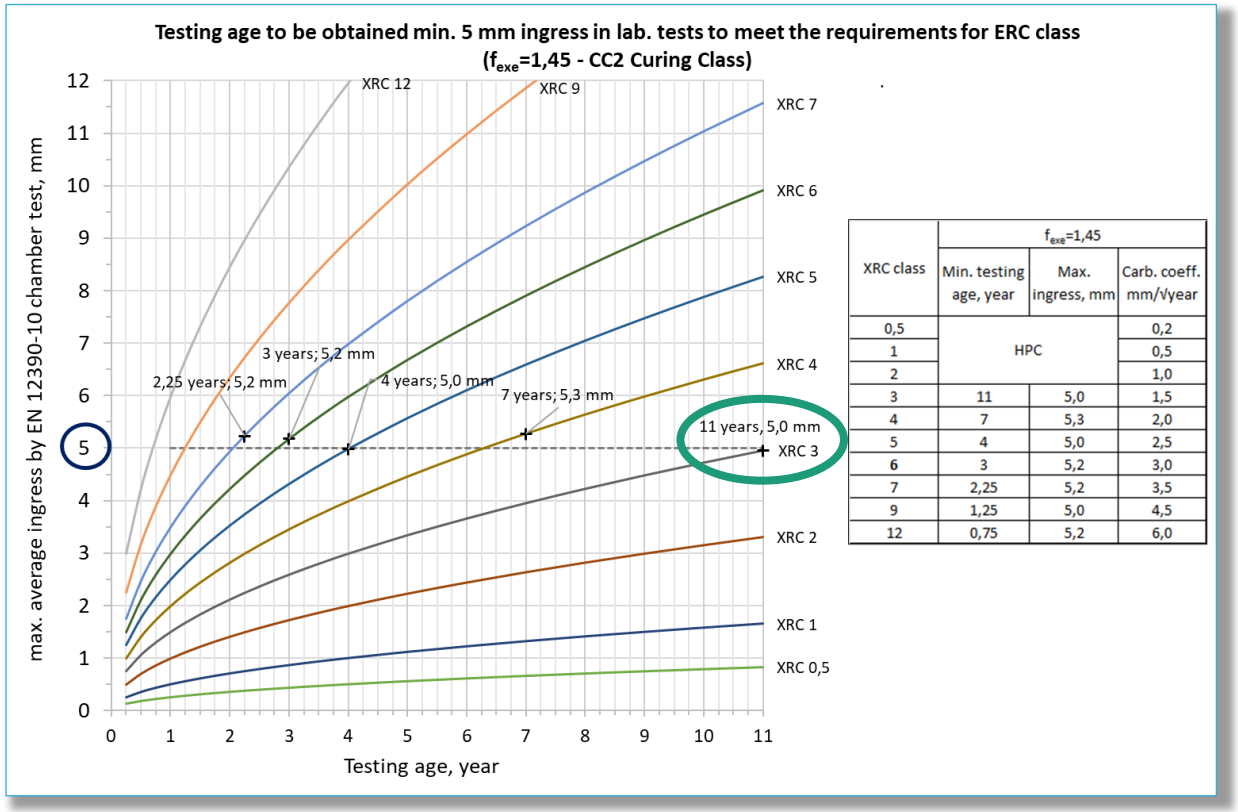
Tehát a spanyolokhoz hasonlóan a franciák is használják az elektromos ellenállás mérési módszerét, de ők nem a kloridállóság, hanem a karbonátosodás kiegészítéseképp
(folyamatban lévő LC^3 kutatási projekt)

Azért alkalmazzák a gyorsított karbonátosodási mérést, mert:

- ismerik a korrelációt a normál és a gyorsított módszer eredménye között és
- tudják, hogy a nagy karbonátosodási ellenállású beton esetében **a „NORMÁL KAMRÁS” VIZSGÁLAT AKÁR EGY ÉVTIZEDNÉL IS TOVÁBB TART**

XRC osztály vs. utókezelési osztály összefüggése „normál kamrás” vizsgálat esetére

/a CEN/TR ajánlás igazodik az EC-2 6.3 táblázata szerinti CC2 feltételhez, ezért ilyen szigorú/



XRC class	fexe=1,45		
	Min. testing age, year	Max. ingress, mm	Carb. coeff. mm/√year
0,5	HPC		0,2
1			0,5
2			1,0
3	11	5,0	1,5
4	7	5,3	2,0
5	4	5,0	2,5
6	3	5,2	3,0
7	2,25	5,2	3,5
9	1,25	5,0	4,5
12	0,75	5,2	6,0

XRC class	fexe=1,1		
	Min. testing age, year	Max. ingress, mm	Carb. coeff. mm/√year
0,5	HPC		0,3
1			0,7
2			1,3
3	7	5,2	2,0
4	4	5,3	2,6
5	2,5	5,2	3,3
6	1,75	5,2	3,9
7	1,25	5,1	4,6
9	0,75	5,1	5,9
12	0,5	5,6	7,9

Akkor felel meg **XRC 3** osztálynak 50 éves korban a helyszíni szerkezetbe beépített beton:

- az EC-2 6.3 tábl. 2. meg j. szerinti gyenge utókezelés esetére (EN 13670 szerinti **CC2**) ha a laborvizsgálatok során a pl. 5 mm karbonátosodási mélységet nem hamarabb, mint **11 év** után éri el
- A BD EC-2 szerinti jó utókezelésre (**CC4**) számítva megfelelő az a betonösszetétel, amely 5,2 mm karbonátosodási mélységet nem korábban, mint **7 év** után éri el

Franciák-3 /kloridállóság/

*Criteria have been based on AFNOR XP P18-462 (chloride migration). Criteria are given in terms of **chloride migration test result** D_{rcm} at 90 days, considered **equivalent to natural diffusion**.*

XRDS Designation	Drcm(90d) (10^{-12} m²/s)			
	α≥0,3	α≥0,4	α≥0,5	α≥0,6
1	1	1,5	2	3
1,5	1,5	2	3	5
2	2	3	5	9
3	3	5	9	16
5	5	9	16	/
9	9	16	22	/
16	16	28	/	/

Ez nagyon lényeges megállapítás, mert az EN 12390-18 szerinti kloridmigrációs vizsgálat nemcsak gyorsabb, de kb. nagyságrenddel olcsóbb is, mint az EN 12390-11 szerinti kloriddiffúziós vizsgálat

A CEN/TR ajánlás kb. 2-3-szorosa is megengedett (a spanyolokéhoz hasonlóan)

ERC	Exposure class							
	XD1		XD2		XD3f*		XD3tf**	
	Design service life (years)							
	50	100	50	100	50	100	50	100
XRDS 2							35	45
XRDS 3			30	40	35	45	40	50
XRDS 5	25	35	35	45	40	50	45	55
XRDS 9	30	40	40	50	45	55		
XRDS 16	35	45						

A franciák módosították az EC-2 6.4 táblázatát a betonfedésekre aszerint, hogy az adott szerkezet területén egy évben 30 napnál többször vagy pedig kevesebbszer szórnak ki jégolvasztó sót

**: frequent use of deicing salts (10 to 30 days per year)*

***: highly frequent use of deicing salts (over 30 days per year)*

Angolok-1 /karbonátosodás/

Where the **specifier** is concerned about the use of any concrete or concretes with particular type of binder then they **may specify performance and testing requirements**

Ha nem CEM I típust használnak XRC betonhoz, akkor előírható a vizsgálati kötelezettség

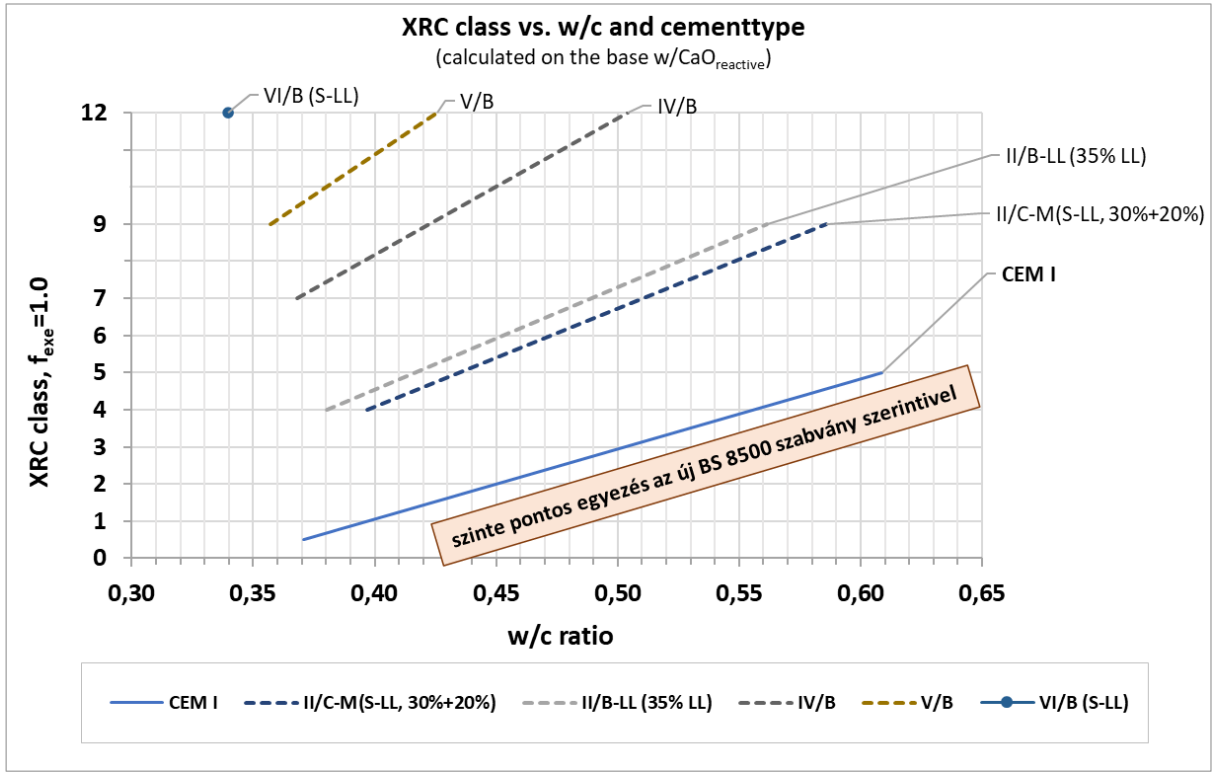


Table 6. Nominal limiting values deemed to meet carbonation resistance class performance.

		EN 12390-10 chamber test, mm/year$^{0.5}$	28 Strength Class	Minimum binder content, kg/m^3	Maximum w/b ratio
Carbonation resistance class	XRC 0,5	≤ 0.5	-	380	0.35
	XRC 1	≤ 1.0	-	360	0.40
	XRC 2	≤ 2.0	C40/50	340	0.45
	XRC 3	≤ 3.0	C35/45	320	0.50
	XRC 4	≤ 4.0	C30/37, C32/40	300	0.55
	XRC 5	≤ 5.0	C28/35	280	0.60
	XRC 6	≤ 6.0	C25/30	260	0.65
	XRC 7	≤ 7.0	C20/25	240	0.70

Az angolok nem fogadják el a betongyártók „büntetését” a kivitelező esetlegesen rossz utókezelése vagy a csekély karbonátosodási ellenállású cementfajta miatt; ezért a CEN/TR javaslat dupláját engedik meg.

Angolok-2 /kloridállóság/

The recommendation is for one class – XRDS 2. Testing in accordance with EN 12390-11 to confirm performance ≤ 2.0 x 10^{-12} mm/year$^{0.5}$, unless otherwise specified.

This encompasses most UK specified requirements for concrete exposed to the risk of corrosion from the ingress of chlorides.

Table B.4 – Examples of maximum average values to be obtained in laboratory tests to meet the requirements of each XRDS class for different ageing factors

XRDS class	Maximum average values by EN pr12390-11:2025 (90 days) x 10^{-12} m²/s			
	α ≥ 0,3	α ≥ 0,4	α ≥ 0,5	α ≥ 0,6
0,5	0,2	0,3	0,5	0,8
1	0,3	0,6	0,9	1,6
1,5	0,5	0,8	1,4	2,4
2	0,7	1,1	1,9	3,2
3	1,0	1,7	2,8	4,8
4	1,3	2,2	3,8	6,4
5	1,6	2,8	4,7	8,0
6	2,0	3,3	5,7	9,6
7	2,3	3,9	6,6	11,2
8	2,6	4,4	7,5	12,8
10	3,3	5,5	9,4	16,0

Table 16. Nominal limiting values deemed to meet chloride ingress resistance class performance.

		EN 12390-11, mm/year$^{0.5}$	28 Strength Class	Minimum binder content, kg/m^3	Maximum w/b ratio
Chloride resistance class			C40/50	380	0.35
	XRDS 2	≤ 2.0 x 10^{-12}	C35/45	380	0.40
			C32/40, C30/37	360	0.45
			C28/35	340	0.50
			C25/30	320	0.55

A sózásnak vagy tengervíznek kitett szerkezet **csak XRDS 2** kloridállóságú betonnal készíthető.

Az LP-tartalomtól eltekintve hasonlít az USA hidász előírásához (w/b=0.4)

A CEN/TR ajánlás szerinti viszonylag magas kor-tényezővel (α > 0.5) és viszonylag nagy betonfedéssel (c_{min}=45/55 mm) érhető el az 50/100 év tervezési élettartam XD3 hatás esetére.

USA-1 /kloridállóság/

SHRP2 SOLUTIONS
STRATEGIC HIGHWAY RESEARCH PROGRAM

Table 8.2.2-2: Summary of Exposure Zone, Concrete Mix Requirements and Test Requirements

Exposure Zone	Structural Element	Cover (inch)[1]	Binder composition	Max w/cm [2]	Air Content ASTM C231 or ASTM C173	Max. Average Chloride Migration NT Build 492 at 28 days[3]	Max. Chloride Content ASTM C1152	AAR Tests	Freeze-Thaw Tests
Submerged/Buried[4]	Drilled Shafts	6/3	Portland Cement + 45% Fly Ash Class F	0.4	-	-	-	-	-
Splash Zone/ Atmospheric with moderate de-icing salts[4],[5]	Pile Caps Tower Pedestals Piers	2	Portland Cement + 20-25% Fly Ash Class F	0.4	6 ±2%	15.5×10^{-9} in^2/s (10.0×10^{-12} m^2/s)	0.1%	x	x
		3	Portland Cement + 30-45% GGBS	0.4	6 ±2%	11.3×10^{-9} in^2/s (7.3×10^{-12} m^2/s)	0.1%		
Atmospheric with severe de-icing salts[5]	Towers (exterior) at deck level	3	Portland Cement + 20-25% Fly Ash Class F	0.4	6 ±2%	11.8×10^{-9} in^2/s (7.6×10^{-12} m^2/s)	0.1%	x	x
Atmospheric without de-icing salts[5]	Towers (interior)	1.5	Portland Cement with 20-25% Fly Ash Class F	0.4	6 ±2%	15.5×10^{-9} in^2/s (10.0×10^{-12} m^2/s)	0.1%	x	x
	Towers (exterior) below deck level	2							
	Towers (exterior) > 35 ft above deck level	2							

(1) Greater concrete covers may be specified if needed for ease of construction.
(2) Max w/cm = Maximum water/cementitious material ratio.
(3) Chloride migration coefficients are applicable only to the corresponding concrete mix design, cover and exposure conditions.
(4) Concrete exposed to the river water and soil shall have minimum concrete compressive resistance of 4 ksi.
(5) Concrete exposed to freeze-thaw cycles with or without exposure to de-icing salt shall have a minimum compressive strength of 4.5 ksi.

FHWA (USA) előírásban a vb. hidak - kloridoknak mérsékelten kitett - szerkezeteihez **csak nagy betonfedés** (3 inch=75 mm) **esetén** használható a **30-45% kohósalak** tartalmú cement.

Kisebb betonfedés (2 inch=50 mm) **és kloridoknak való nagyobb kitettség esetén** minden szerkezeti betont **20-25% pernyével** kell készíteni.

Bármely, kloridoknak kitett vasbeton szerkezetet **w/b=0.4** víz-kötőanyag tényezővel és **6±2% légbuborék** tartalommal kell készíteni.

Norvégok-1 /karbonátosodás/

The class conformity criteria for XRC in new NS 3683 will be:

XRC Class conformity criteria in accordance with EN 12390-10 chamber test	
XRC class	**Conformity criteria (mm/√year)**
XRC 0,5	0,3
XRC 1	0,5
XRC 2	1,0
XRC 3	1,5
XRC 4	2,0
XRC 5	**2,5**
XRC 6	**3,0**
XRC 7	3,5
XRC 10	5,0
XRC 15	7,4

- Norwegian assessments of existing XC3/4 exposed buildings, with similar concrete, reveal a scatter in carbonation ingress in the range of CoV = 40 – 60 %. Since Note 1 of Table 6.3 defines reference conditions without contributions from variations in humidity within the XC class, a **CoV = 30 %** has been applied.
- A transfer factor of **1,45** considering the assumed reduced quality in the structure compared to the EN 12390-10 conditions.

Bár nem volt jellemző a norvég kivitelezőkre a gondatlan utókezelés, de az új EC-2 miatt (f_{exe}=1.45) a jelenlegi norvég szabványt szigorítani fogják:

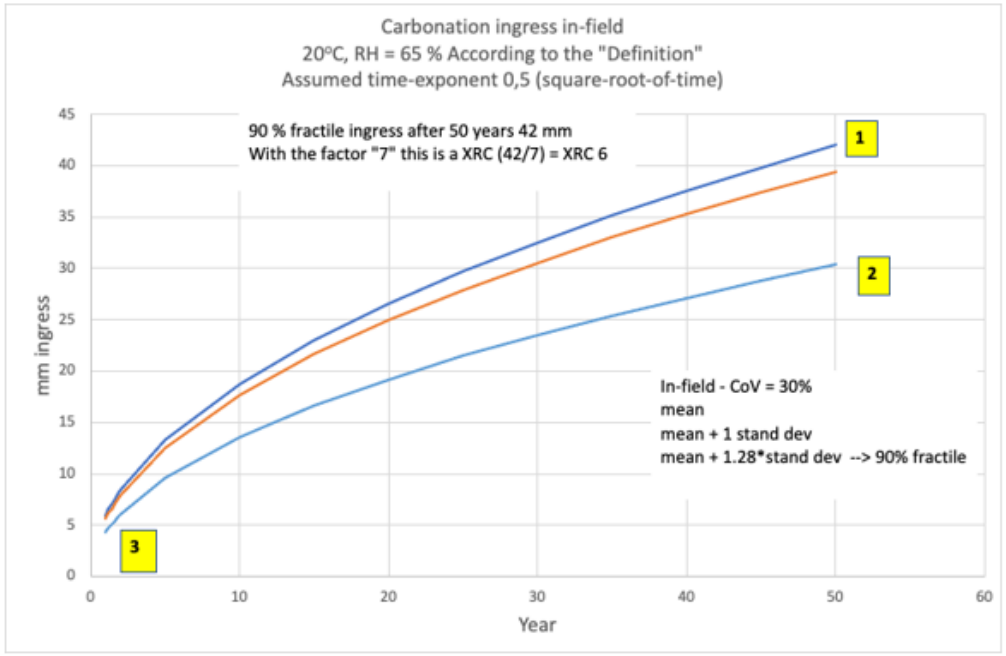
	Maximum mean carb. rate EN 12390-10	CEM I	CEM II/A	CEM II/B-S	CEM III/A	CEM III/B
		max w/b				
XRC 5	2,8 mm/√years	0,62	0,58	0,55	0,52	0,47

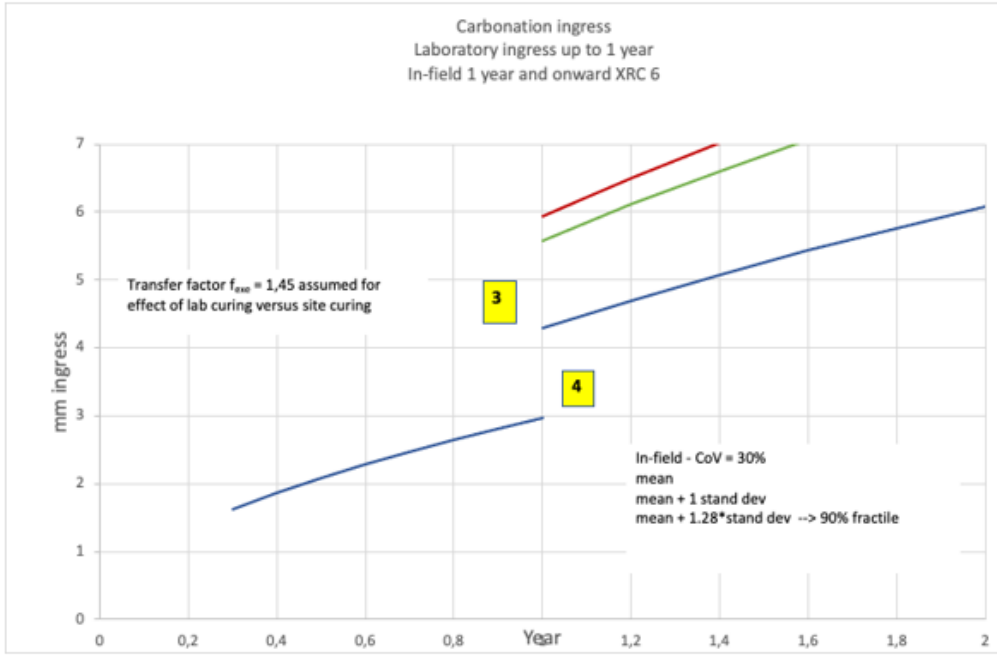
$$CaO_{reactive} = 0.66 \cdot [CEMI] + 0.53 \cdot [CEMII] + 0.41 \cdot [CEMIII] + 0.35 \cdot [CEMIV] + 0.5 \cdot [CEMV] + 0.08 \cdot [sFA] + 0.06 \cdot [nP] + 0.14 \cdot [cFA] + 0.03 \cdot [CC] + 0.27 \cdot [GGBS] + 0.01 \cdot [MK] + 0.46 \cdot [SWS] + 0.01 \cdot [sBA]$$

Meghatározták az egyes cementfajtákra és kiegészítőanyagokra figyelembe vehető $CaO_{reakcióképes}$ tartalmat

Norvégok-2 /karbonátosodás/

A módszer logikus, jól számolható és ábrázolható





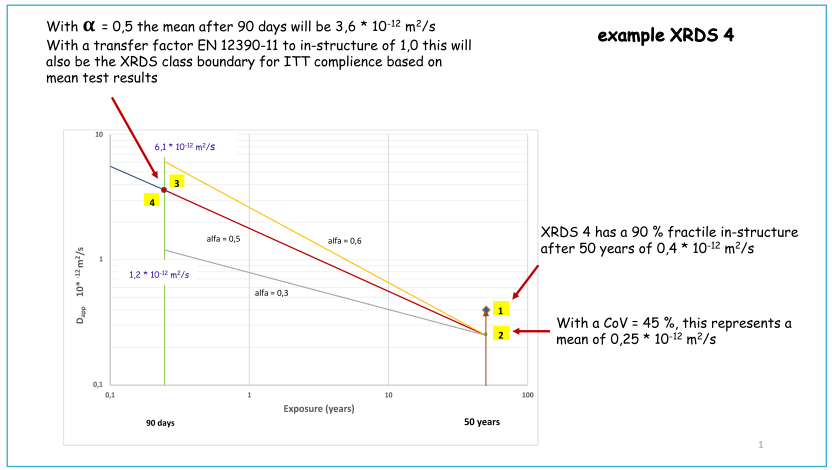
XRC 6 has a 90 % fractile carbonation ingress after 50 years under defined conditions of 42 mm (mark 1).

With a CoV of **30 %** this will correspond to a mean ingress (mark 2) of 42 mm / (1+(0,3*1,28)) = 30,3 mm.

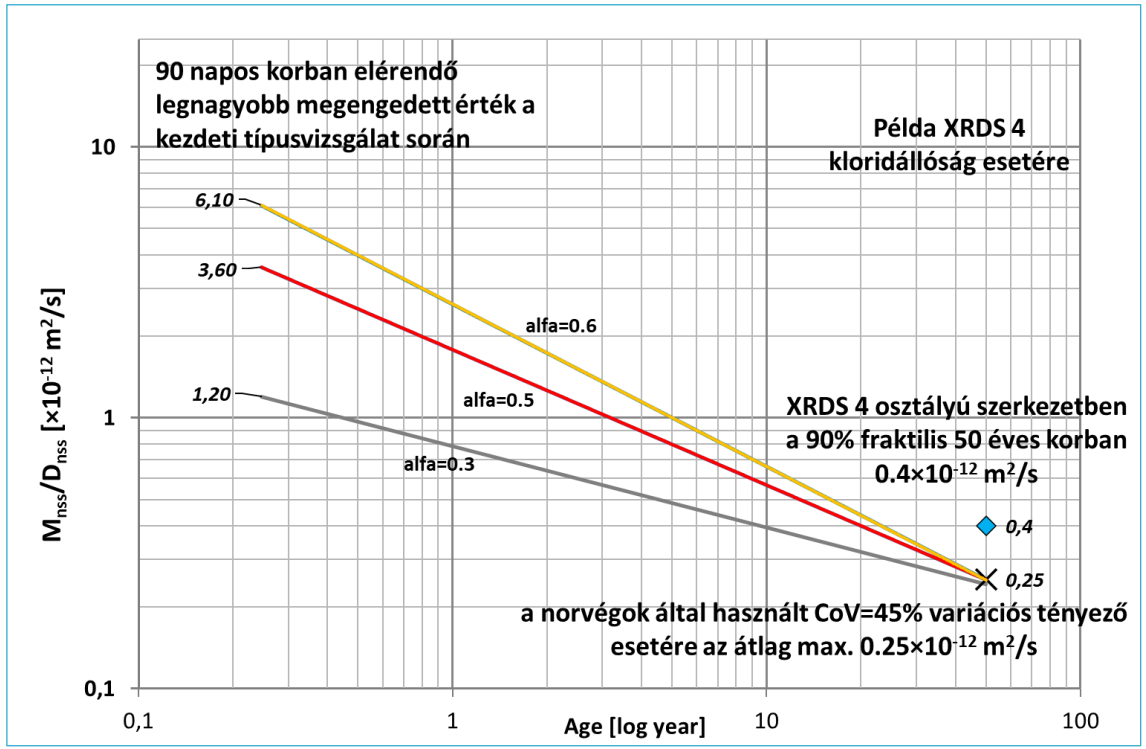
This again corresponds to a mean ingress after 1 years (mark 3) of 30,3 mm / $50^{0,5}$ = 4,3 mm
With a transfer factor of 1,45, the ITT criteria for XRC 6 will be 4,3 mm / 1,45 = 3,0

Norvégok-3 /kloridállóság/

Ez a módszer is logikus, jól számolható és ábrázolható
(de az összetételek tervezéséhez nem ad segítséget)



Az ITT követelménye szinte egyezik a CEN/TR ajánlással (picikét szigorúbb)



XRDS class	Conformity criteria at 90 days for standard ageing exponent×10^{-12} m^2/s			
	α ≥ 0,3	α ≥ 0,4	α ≥ 0,5	α ≥ 0,6
XRDS 0,5	0,2	0,3	0,4	0,8
XRDS 1	0,3	0,5	0,9	1,5
XRDS 1,5	0,5	0,8	1,3	2,3
XRDS 2	0,6	1,1	1,8	3,0
XRDS 3	0,9	1,6	2,7	4,6
XRDS 4	**1,2**	**2,1**	**3,6**	**6,1**
XRDS 5	1,6	2,6	4,5	7,6
XRDS 6	1,9	3,2	5,4	9,1
XRDS 7	2,2	3,7	6,3	10,7
XRDS 8	2,5	4,2	7,2	12,2
XRDS 9	2,8	4,8	8,1	13,7
XRDS 10	3,1	5,3	9,0	15,2
XRDS 15	4,7	7,9	13,5	22,9
XRDS 20	6,2	10,6	17,9	30,5

1. Miért kell az új EC-2 vezérszabvány és a kapcsolódó új betonszabványok?
2. Az új EC-2 kulcsfontosságú változásai (tartósság számszerűsítése)
3. CEN/TR és nemzeti javaslatok
4. Magyar javaslatok a tartóssági tervezésére
5. Tartósság és fenntarthatóság
6. Összegzés

Magyar javaslat – 1 /általánosságban/

„Dr. Balazs gave a short summary on the background for the comments from Hungary. ***It was proposed to add an annex with the additional information from Hungary. To do so, Hungary would need to draft an annex to be discussed in WG 1 by the end of March at the latest.”***

A magyar javaslat egyik legfontosabb eleme, hogy mindkét tartóssági jellemző esetében **NE a cementfajta jelölése**, **HANEM a kötőanyag reakcióképes kémiai összetevői** alapján tervezzük a beton összetételét

Egyetértünk CEMBUREAU javaslatával, ezért kérjük segítő közreműködésüket a cementek reakcióképes kémiai összetevői megadásában

A cementek **reakcióképes összetevőit** a gyártóknak amúgy is vizsgálni kell az EN 196-2 és EN 197 szerint. **Ha az előíró kéri, akkor ezeket, a tartóssági jellemzőket befolyásoló adatokat közölni kell.**

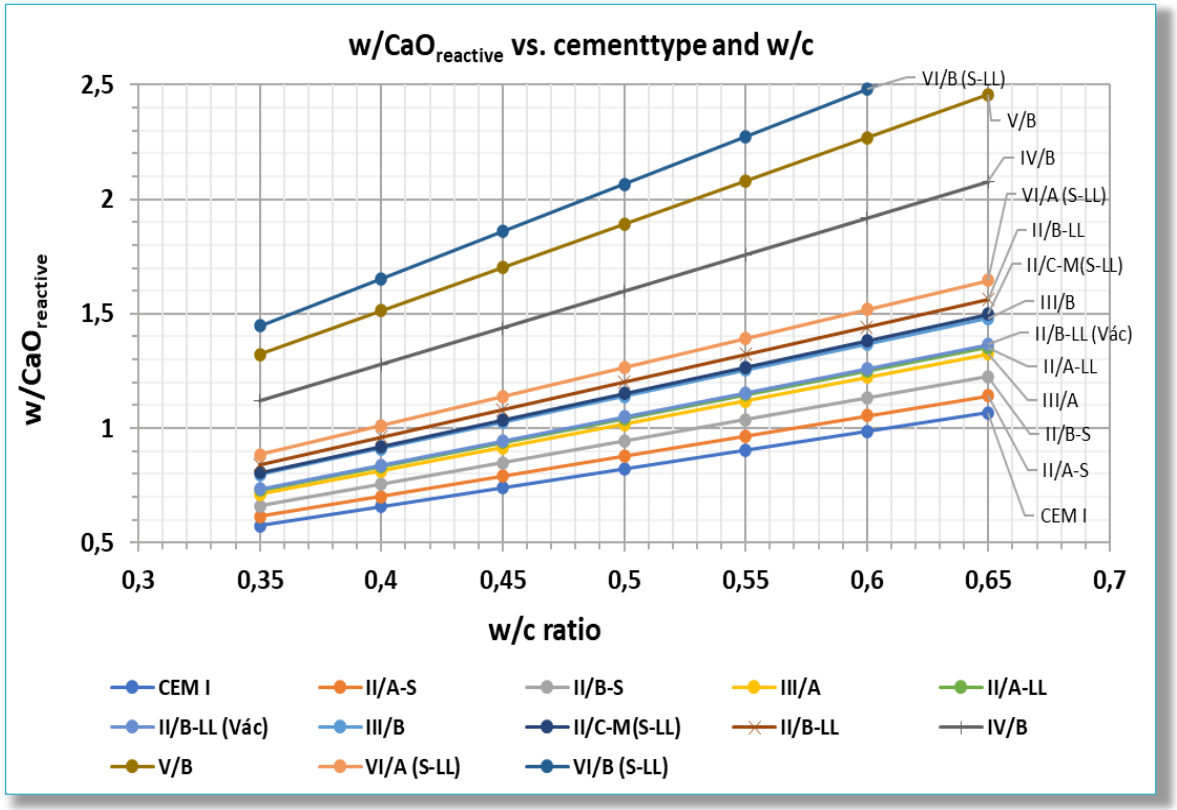
Karbonátosodás esetére javasoljuk a Leeman-féle összefüggés használatát az összetétel tervezéséhez (ld. Bakground Document 111. old.)

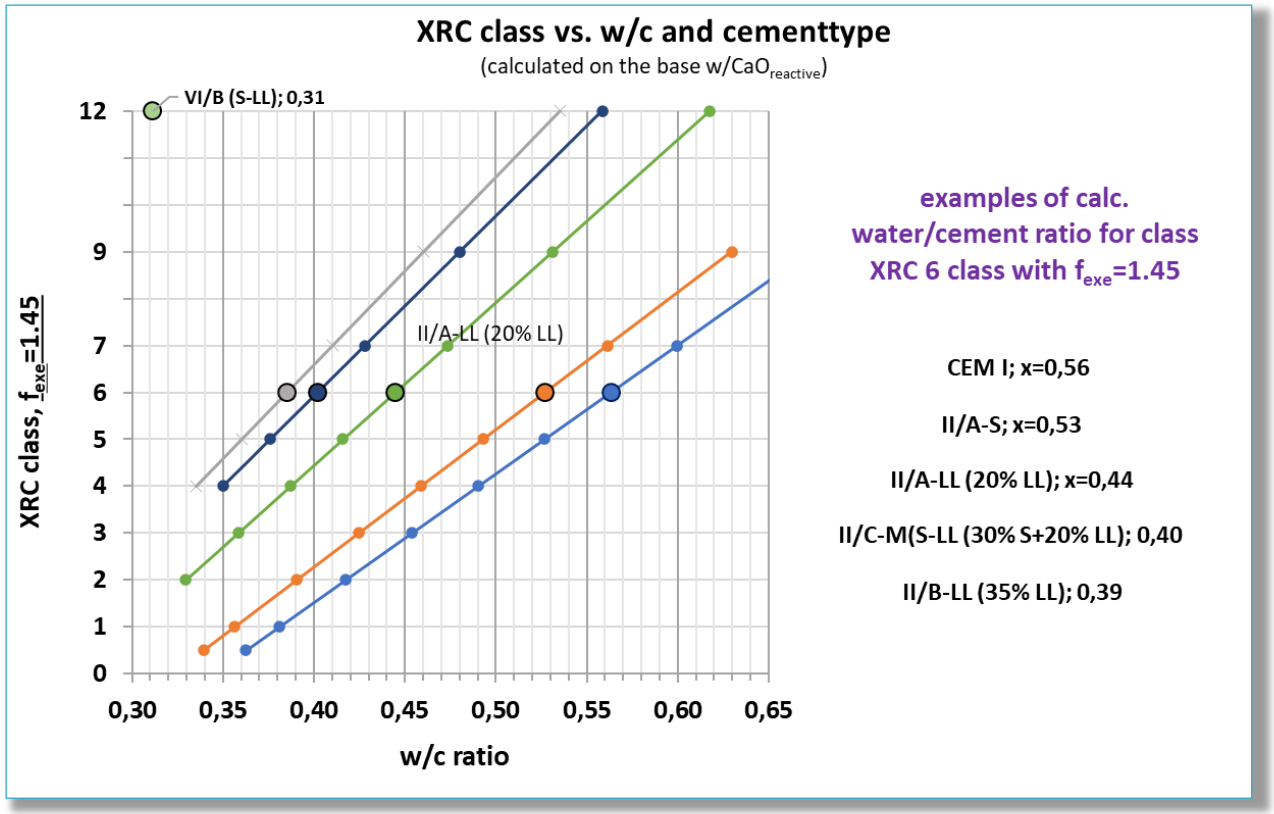
Kloridállóság esetére javasoljuk a Kopecskó-féle összefüggések használatát az összetétel tervezéséhez (ld. Sructural Concrete - under review)

Forrás: BD-EC2, 111/878 old.

Magyar javaslat – 2 /karbonátosodás/

A Hungarian Annex az XRC táblázatos adatait a mérnöki összetétel-tervezéshez szükséges számolható fizikai-kémiai alapokra helyezi





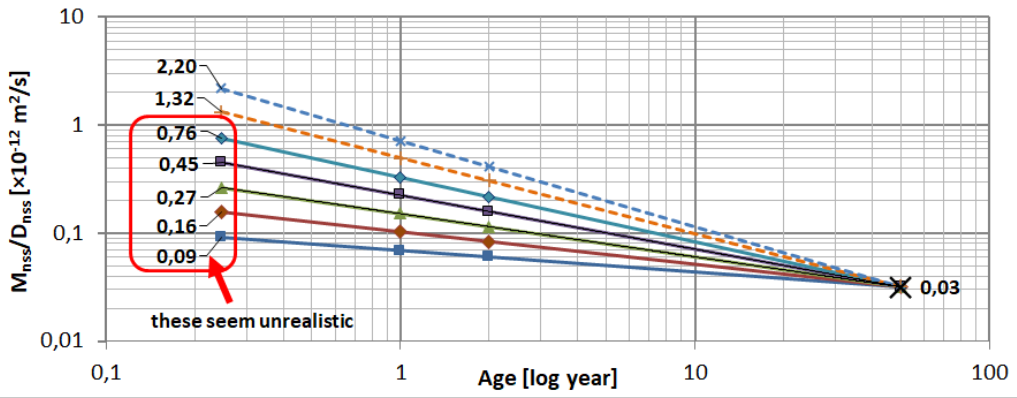
A kémiai alapok azért fontosak, mert egyre több az olyan kiegészítőanyag (pl. kohósalak), amelyben csekély az amorf (reakcióképes) kémiai összetevő. A kristályos összetevők komoly tartóssági és szerkezeti problémák forrásai lehetnek

Magyar javaslat – 3 /kloridállóság, fizikai-kémiai alapok/

A magyar javaslat az XRC táblázatos adatait a mérnök által számolható fizikai-kémiai alapokra és labormérési adatokra helyezi

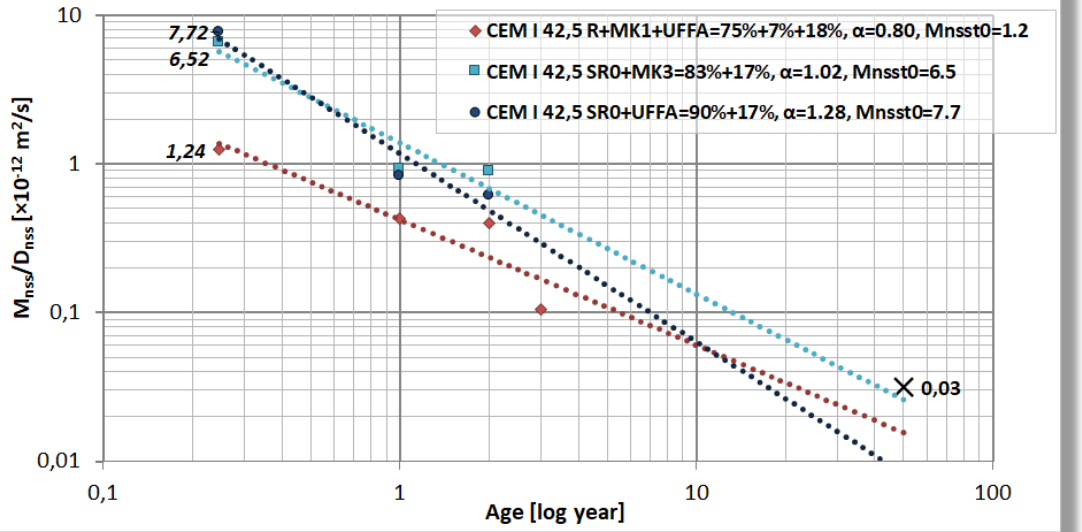
XRDS 0,5

Age	proposal in Table B.4 CEN/TR xxx					proposal in *fib* Bulletin 76 and HU Annex	
	Ageing factor						
	≥ 0,2	≥ 0,3	≥ 0,4	≥ 0,5	≥ 0,6	≥ 0,7	≥ 0,8
	Max. average D_{nss}/M_{nss} t_0 values by EN 12390-11 or EN 12390-18						
t_0=90 days	*0,09*	***0,16***	***0,27***	***0,45***	***0,76***	***1,32***	***2,20***
1 year	*0,07*	*0,10*	*0,15*	*0,22*	*0,33*	*0,50*	*0,72*
2 years	*0,06*	*0,08*	*0,11*	*0,16*	*0,22*	*0,30*	*0,41*
50 years	*0,03*	*0,03*	*0,03*	*0,03*	*0,03*	*0,03*	*0,03*



XRDS 0,5

Composition with w/b=0.40	measured M_{nss} ×10^{-12} m^2/s					*Ageing factor*
	90 days	1 years	2 years	3 years	calc. 50 years	
CEM I 42,5 R+MK1+UFFA=75%+7%+18%	**1,24**	**0,43**	**0,40**	**0,11**	0,02	0,84
CEM I 42,5 SR0+MK3=83%+17%	**6,52**	**0,92**	**0,89**		0,03	1,02
CEM I 42,5 SR0+UFFA=90%+17%	**7,72**	**0,84**	**0,61**		0,01	1,28

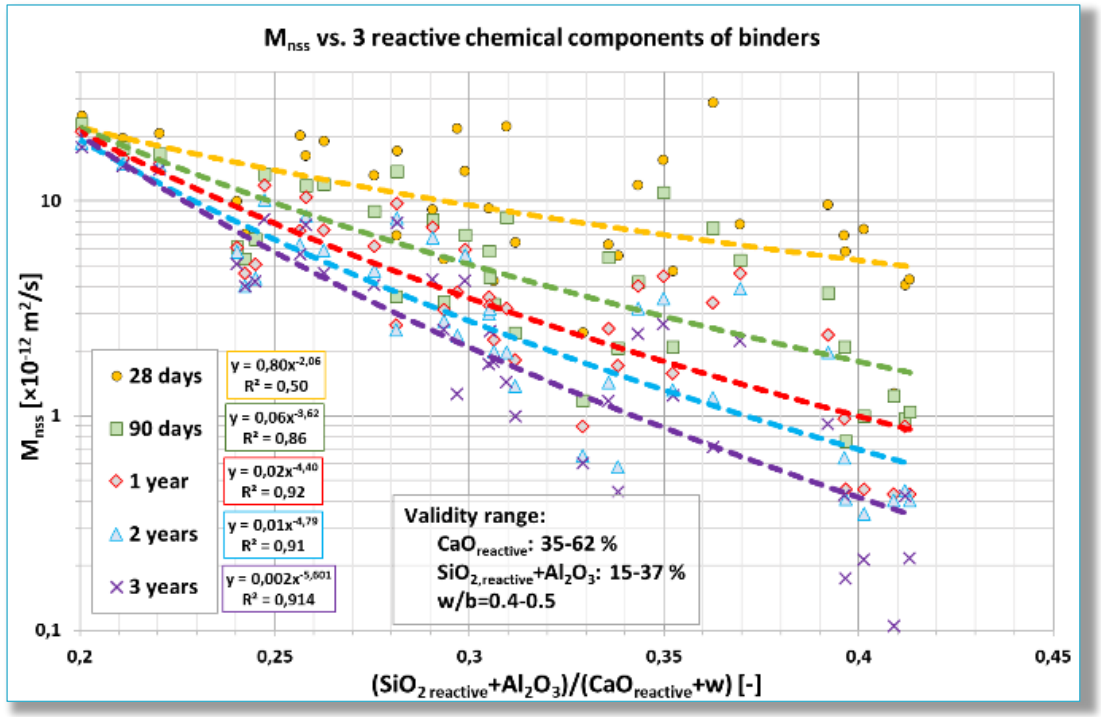


Hazai vizsgálatok szerint a CEN/TR szerinti kor-tényezőkkel (α_{max}=0.6) a gyakorlatban nem vagy csak túlzottan nagy költségekkel (pl. UHPC) érhető el az új EC-2 6.4 táblázata szerinti c_{min}=30-40 mm betonfedés (XD3, DSL=50 és 100 év)

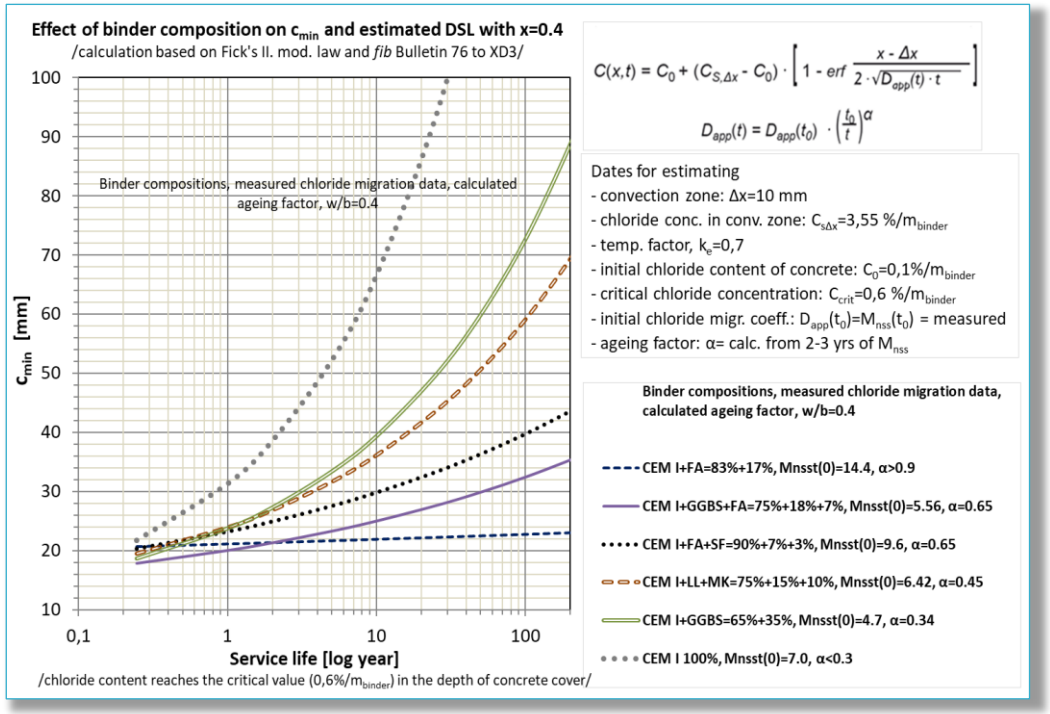
Magyar javaslat – 4 /kloridállóság, fizikai-kémiai alapok/

Több, mint 100 összetétel és több mint 1600 próbatest 2-3 évig tartó vizsgálata alapján igen jó összefüggés mutatkozott a reakcióképes kémiai összetevők és a kloridmigrációs mérési adatok között

A kloridvándorlás kémiai alapja



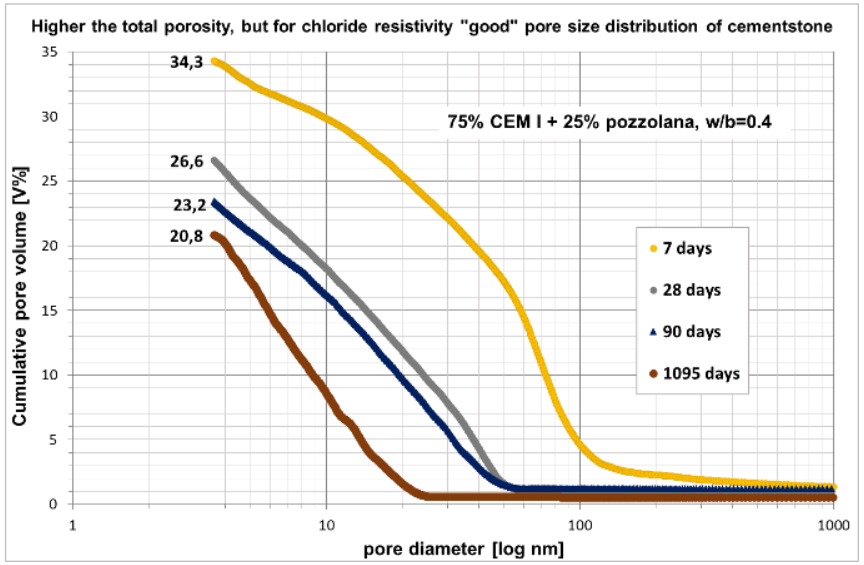
Példák a betonfedésre a fizikai törvény alapján

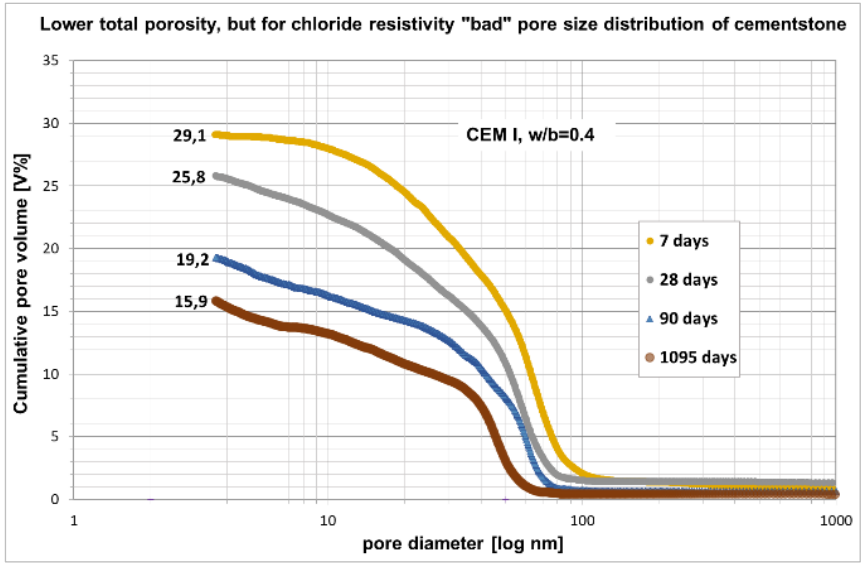


Megfelelő kémiai összetételű kötőanyaggal és x=0.4 víz-kötőanyag tényezővel - szabványhabarcsokon is - **igazoltan elérhető** (mai ismereteink szerinti fizikai törvény alapján) a nagyobb kor-tényező és lehetővé válik UHPC nélkül is **a kisebb betonfedés**

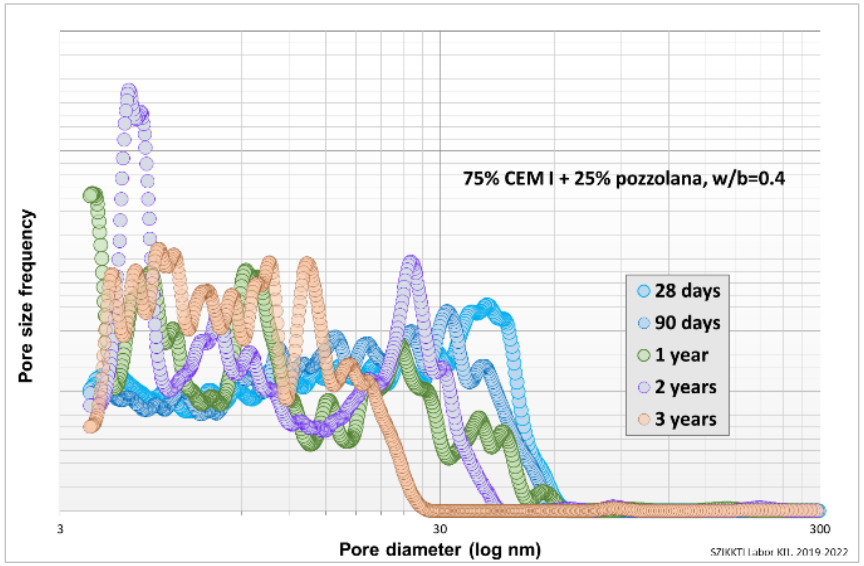
Magyar javaslat – 5 /háttérmagyarázat/

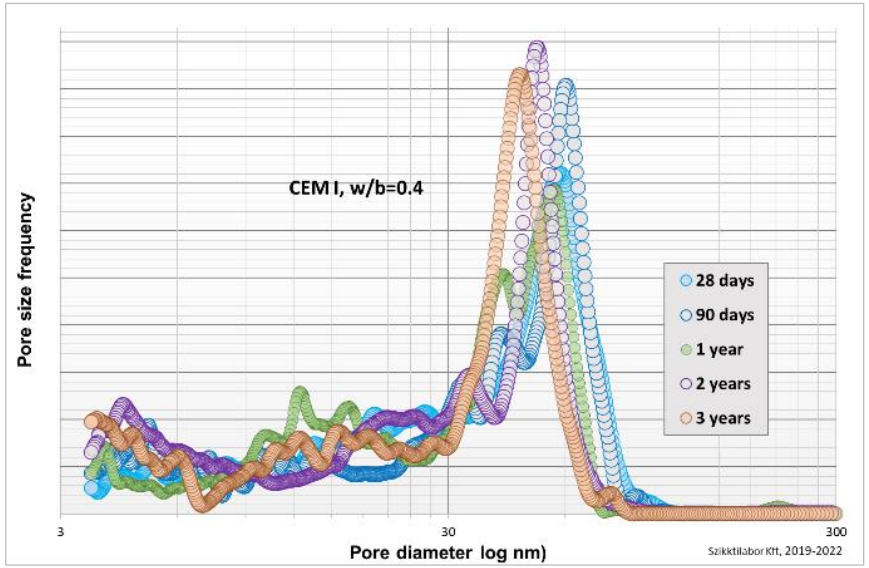
/a kloridállóságot döntően meghatározza a cementkő pórusméret eloszlása, amely a reakcióképes kémiai összetevők következménye/





Jó és rossz pórusméret eloszlás



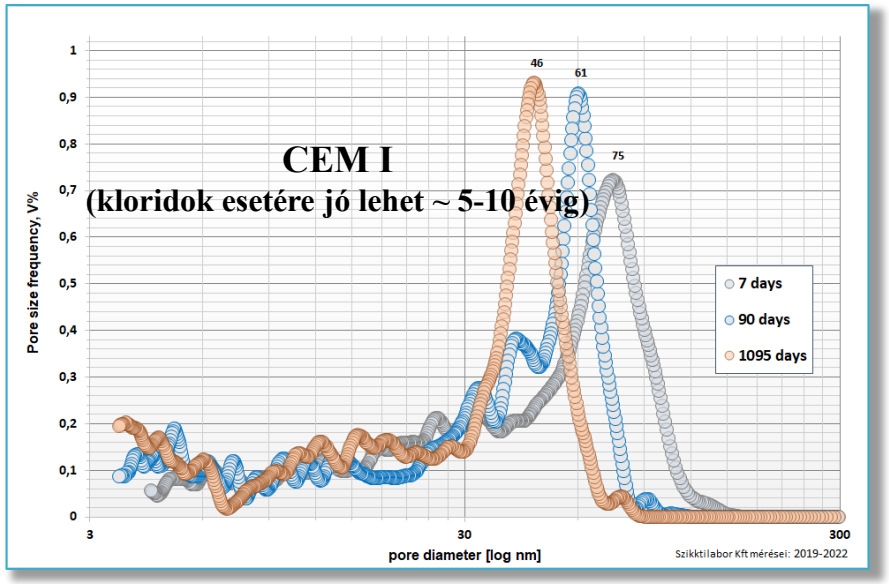


Jó és rossz pórusméret gyakoriság

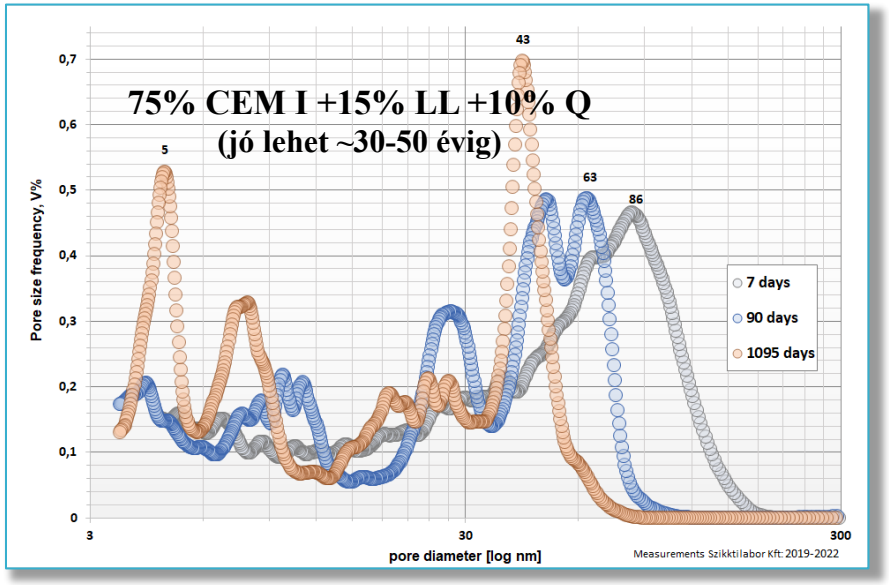
Szikkti Labor Kft, 2019-2022

Magyar javaslat – 6 /háttérmagyarázat/

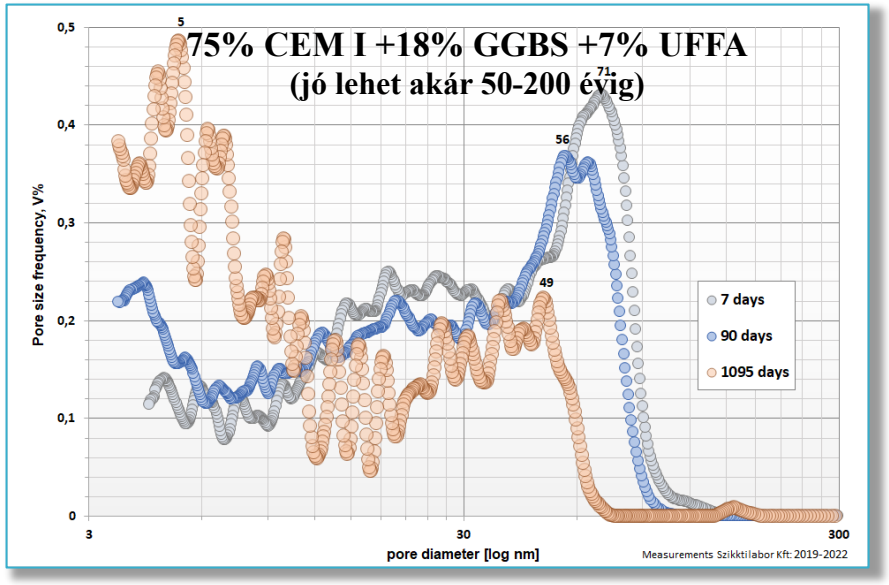
rossz



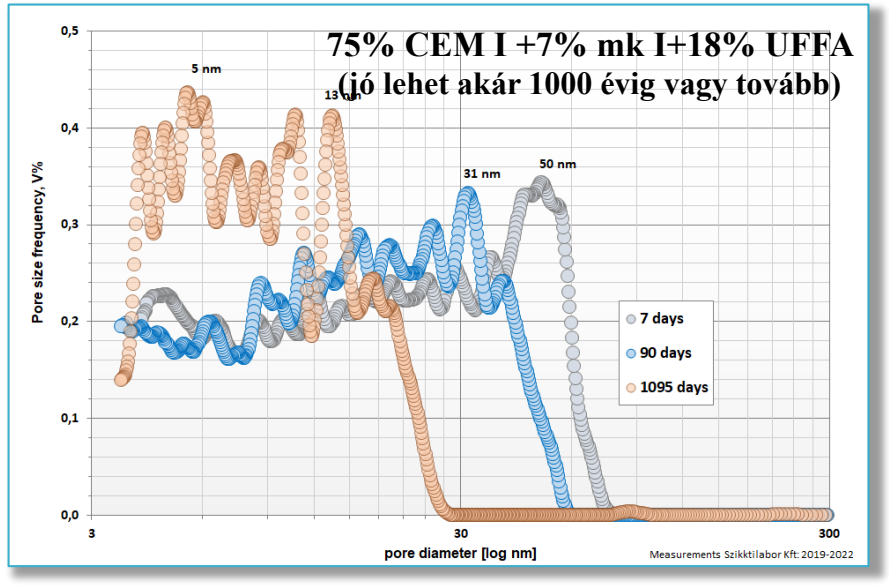
közepes



jó



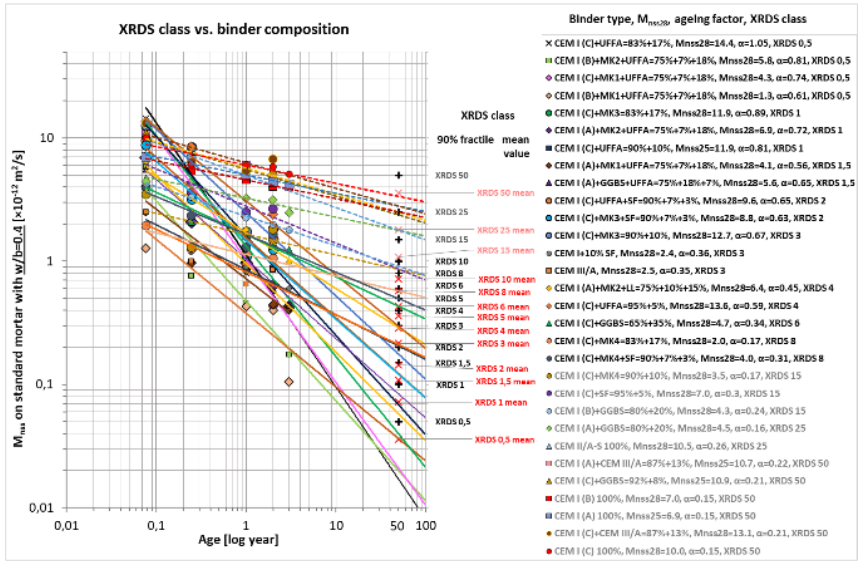
kiváló

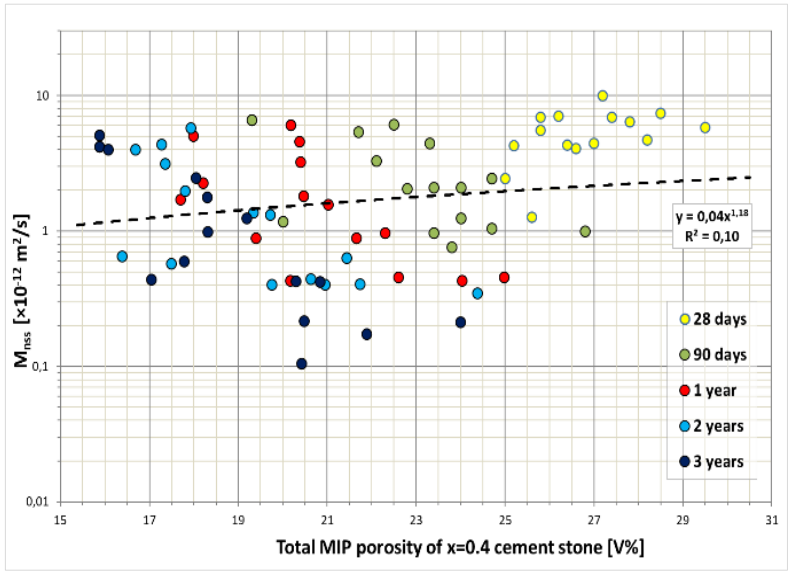


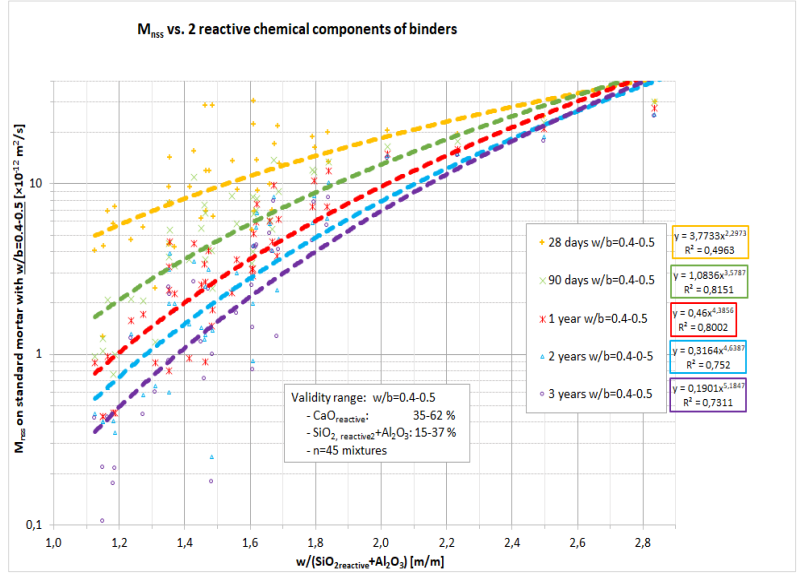
Szikkti Labor Kft, 2019-2022

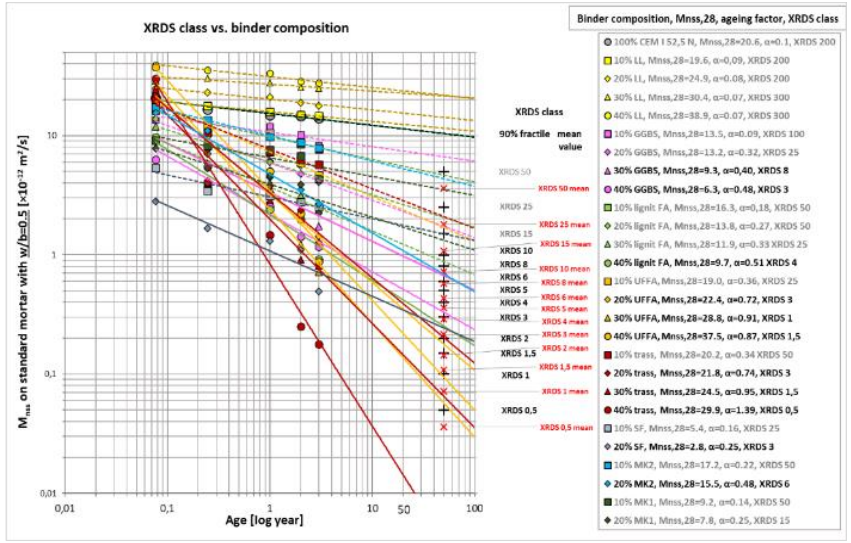
Magyar javaslat - 8 /a kloridállóságot befolyásoló okok/

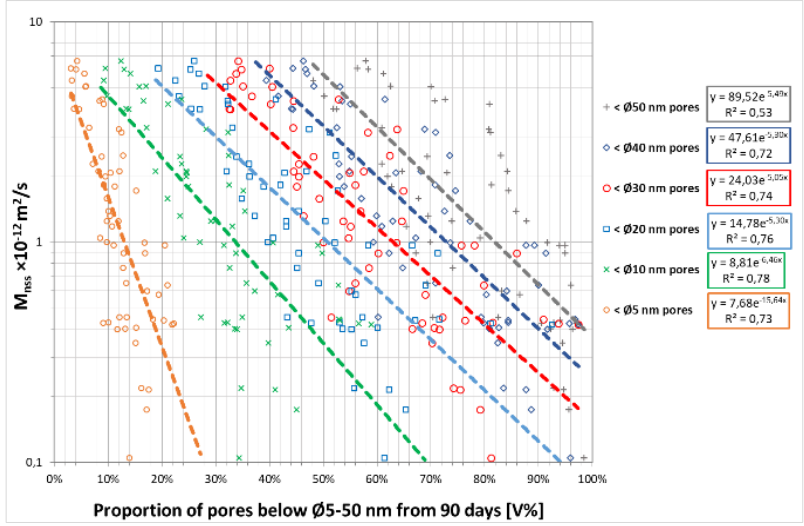
/a kloridállóságot adott v/c esetén nem a porozitás, hanem a pórusméret eloszlás határozza meg, amely a reakcióképes kémiai összetevőktől függ/

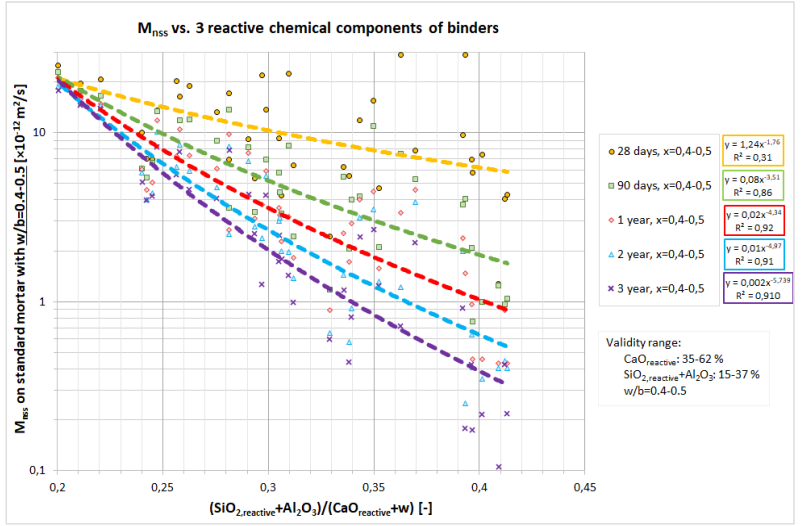












Magyar javaslat részbeni elfogadása /kloridállóság/

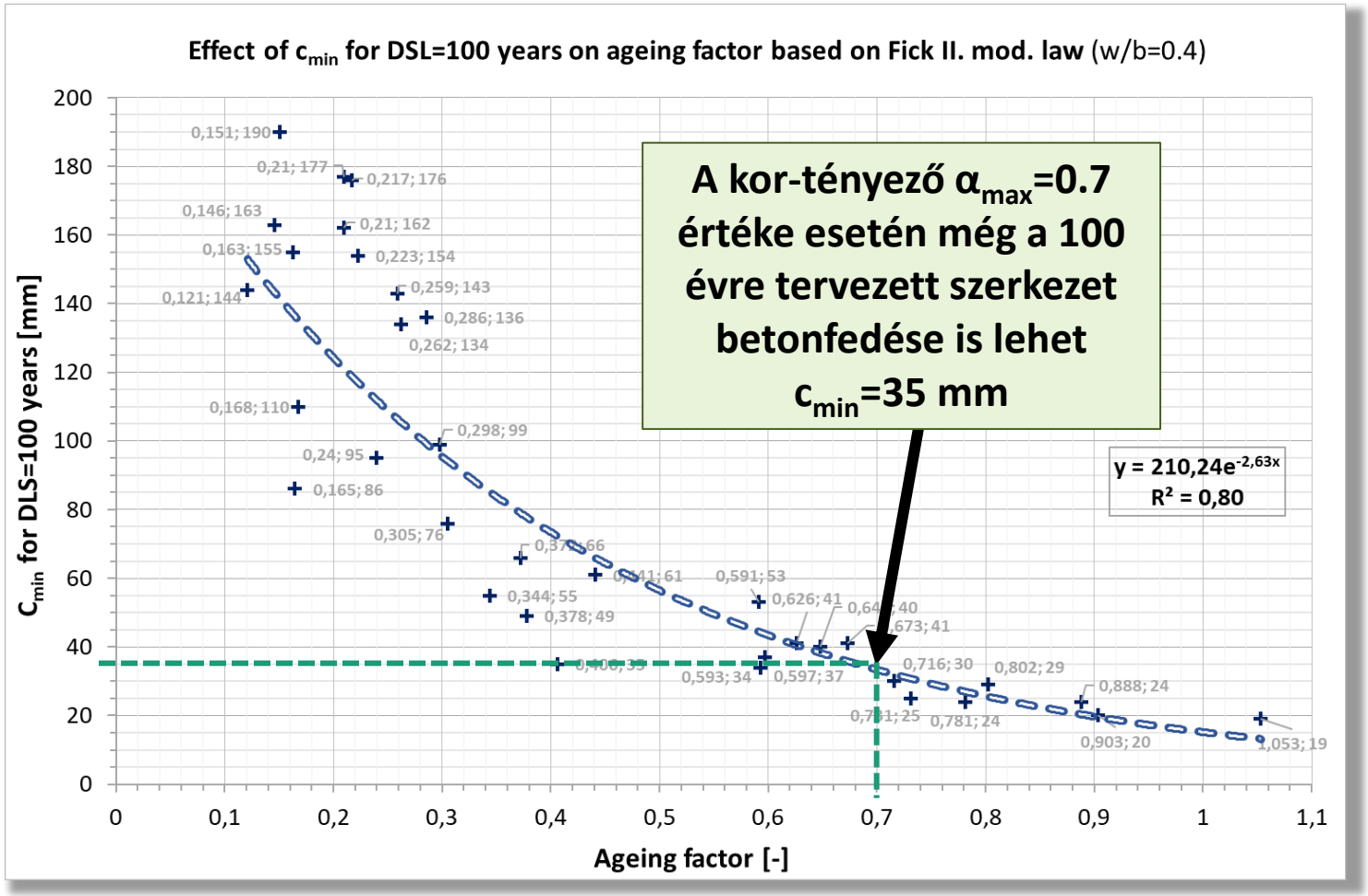


Table 6.4 (NDP) — Minimum concrete cover $c_{min,dur}$ for carbon reinforcing steel — Chlorides

ERC	Exposure class (chlorides)											
	XS1		XS2		XS3		XD1		XD2		XD3	
	Design service life (years)						Design service life (years)					
	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100
XRDS 0,5	20	20	20	30	30	40	20	20	20	30	30	40
XRDS 1	20	25	25	35	35	45	20	25	25	35	35	45
XRDS 1,5	25	30	30	40	40	50	25	30	30	40	40	50
XRDS 2	25	30	35	45	45	55	25	30	35	45	45	55
XRDS 3	30	35	40	50	55	65	30	35	40	50	55	65
XRDS 4	30	40	50	60	60	80	30	40	50	60	60	80
XRDS 5	35	45	60	70	70	—	35	45	60	70	70	—
XRDS 6	40	50	65	80	—	—	40	50	65	80	—	—
XRDS 8	45	55	75	—	—	—	45	55	75	—	—	—
XRDS 10	50	65	80	—	—	—	50	65	80	—	—	—

NOTE 1 XRDS classes for resistance against corrosion induced by chloride ingress are derived from the depth of chlorides penetration [mm] (characteristic value 90 % fractile), corresponding to a reference chlorides concentration (0,6 % by mass of binder (cement + type II additions)), assumed to be obtained after 50 years on a concrete exposed to one-sided penetration of reference seawater (30 g/l NaCl) at 20 °C. The designation value of XRDS has the dimension of a diffusion coefficient [10^{-13} m^2/s].

NOTE 2 The recommended minimum concrete cover values $c_{min,dur}$ assume execution and curing according to EN 13670 with at least execution class 2 and curing class 2.

NOTE 3 The minimum covers can be increased by an additional safety element $\Delta c_{dur,\gamma}$ considering special requirements (e. g. more extreme environmental conditions).

A CEN/TC 104/SC1/WG1 N 499 dokumentuma (2026.05.18) a **magyar javaslatot részben elfogadva a kor-tényező legnagyobb javasolt értékét α=0.7-re emelte.** Ez lehetőséget ad - Fick II. diff. törvénye alkalmazásával – az EC-2 táblázatos betonfedései csökkentésére (pl. eddigi méréseink szerint a **100 év tervezési élettartam és XD3 hatás esetén is tervezhetővé válik c_{min}=35 mm betonfedés)**

Nemzeti mellékletek indokai a csökkentett betonfedésre /kloridtámadás esetére/

- a **spanyolok** a kloridok okozta 500 µm megengedett „berágódáshoz” az általuk mért 30 µm/év átmérőcsökkenés miatt **15 évet becsülnek a t_{prop} időre** (korrózió előrehaladási szakasza) az **XD1 és XS1** hatásoknál. Ez a pl. 35 évre csökkent kezdeti időtartam (t_{ini}) lehetővé teszi a gyengébb kloridállóságú beton használatát vagy a kisebb betonfedést
- a **franciák** az **XD3** hatásosztályban olyan tájakon csökkentik a betonfedést, ahol a **jégovasztó só** kiszórásának gyakorisága **nem több, mint 30 nap/év**
- a **Hungarian Annex** szerint **jó a CEN/TR ajánlás**, de mégis csökkenthető **bármely XD hatásosztályban** a betonfedés, **ha a** kötőanyag reakcióképes kémiai összetevőiből becsült, valamint a 2-3 évig tartó kloridmigrációs labormérésekkel igazolt eredmény a **vonatkozó fizikai törvény** (Fick-féle II. mód. diffúziós törvénye) visszaszámításából ezt **lehetővé teszi** (célzottan megválasztott kötőanyagok kellenek)
- az angolok sajnálják, hogy nem EN státuszú lesz a tartóssági ajánlás, mert így a legtöbb országban várhatóan továbbra is maradnak a gyenge követelmények
- norvég vélemény a magyar vizsgálatokról: a kloridmigrációs mérés kedvezőtlenebb eredményt ad a diffúziós méréshez képest, csakúgy mint az adott w/k tényezőjű szabványhabarcsos próbatest; de kétségtelen, hogy ezek mindegyike a biztonság javát szolgálja (hiányolja a dokumentált összetételű, szerkezetből kifúrt mintákon elvégzett ellenőrző méréseket)
- norvég vélemény a spanyol és francia javaslatokról: túlzottan engedékenyek; jóval gyengébbek, mint a CEN/TR, angol, norvég és magyar javaslat

1. Miért kell az új EC-2 vezérszabvány és az új betonszabványok?
2. Az új EC-2 kulcsfontosságú változásai (a tartósság mérnöki számszerűsítése)
3. CEN/TR dokumentum és nemzeti javaslatok
4. Magyar javaslatok a tartóssági tervezésre
5. Tartósság és fenntarthatóság
6. Összegzés

Cembureau javaslat /általánosságban/

Cembureau problémája: a CEN/TR dokumentum **nem hangsúlyozza a fenntarthatósági szempontokat.**
Ezek a szempontok **műszaki adatokon, nem pedig „zöldre festésen” kell alapuljanak**.

Template for comments and secretariat observations		Date: 15.01.2026	Document: **TC104/SC1/WG1-N473**	Project: Cement Eur comments

MB/ NC[1]	Line number (e.g. 17)	Clause/ Subclause (e.g. 3.1)	Paragraph/ Figure/ Table/ (e.g. Table 1)	Type of comment[2]	Comments	Proposed change	Observations of secretariat
CEM EUR	General			ge	Beside technical performance the aspect of sustainability is one of the most important characteristics of construction product requested by public and authorities. Also, for new standards and related documents, sustainability should be one of the most prominent aspects to be considered. In WG1, Cement Europe (former CEMBUREAU) requested this demand already several times. **In the current draft document, the expression “sustainability” is still not mentioned.** No related clauses have been drafted.	Under the current legal and public situation, it is essential for the new concept to make reference to the aspect of sustainability in the **CEN/TR**. These references **should be based on sound technical aspects without any argument which could be assumed as “green washing”.**	

A magyarok egyetértettek CEMBUREAU javaslatával, ezért kértük segítő közreműködésüket a cementek reakcióképes kémiai összetevői megadásában

Az új EN 206 jelentős változásai /fenntarthatóság/

(az ERC osztályokon túl meg kell adni a GWP osztályokat is; ebben kiválóak az ÖKO-cementek és büntetik a CEM I-et)

Pedig **a cement- és betongyártás karbonlábnyoma elenyésző** a háztartások, a kül- és belföldi szállítás-közlekedés és még sok egyéb emberi tevékenység karbonlábnyoma összevetésében. Pl. Olaszországban a cement- és betongyártás okozta **éves CO_2 kibocsátás kb. 1,5 kg/fő***.
A KSH adatai szerint egy 4 fős családban csak a villanyóra pörgése okozta CO_2 kibocsátás **1,5 to/év****

„Szőrt érzek a hurkában” – Dombi József

5.4 Classes regarding CO_2 emissions

5.4.1 Principle of classification

(1) Where concrete is classified regarding CO_2 emissions the calculation method of 5.4.2 shall apply.

(2) When GW_R classes (see 5.4.3) are used for classification, the classification of Table 13 shall be used. Other reduction classes may be defined in provisions valid in the place of use of the concrete. In this case another acronym shall be used. This acronym may be followed by the abbreviation of the country name.

NOTE In the delivery ticket, for printing reasons, GW_R may be replaced by GWR

(3) The classes are defined by the ratio of CO_2 emissions of the assessed concrete to a reference concrete formulated with CEM I without additions based on national experience. This reference concrete shall have the same performance (e.g. strength class and durability performance) as the assessed concrete (see annex G), unless this reference concrete is defined differently in provisions valid in the place of use.

Note This concept is defined for 1 m^3 of concrete and can be used for the specification of the concrete. Nevertheless, the comparison is only meaningful at the level of functional unit (see EN 16757).

(4) Reference values for GWP_{total} reference concrete may be given in provisions valid in the place of use.

(5) Annex G gives guidance on how the national reference concrete can be defined.

Annex G
(informative)

Guidance on reference concrete regarding CO_2 emissions

G.1 Use of this annex

(1) This informative Annex provides guidance on reference concrete regarding CO_2 emissions as given in 5.4.

(2) Application of this informative annex may be set by provisions valid in the place of use.

G.2 General

(1) This informative annex gives guidance on how a national reference concrete should be defined.

(2) A reference concrete should be defined for each strength class, this concrete is formulated with CEM I and is representative of "average" national CEM I concrete conforming to EN 206 and of this strength class.

(3) If another reference concrete is used, it should be defined nationally.

(4) Other parameters (Exposure classes or ERC, service life, ...) may also be considered to create more reference concretes.

(5) The value of GWP_{total} of each reference concrete, calculated in accordance with 5.4.2 is then considered for the classification of the assessed concrete (see 5.4.3). Provisions valid in the place of use may give values for GWP_{total}.

G.3 Examples of format of with reference value tables

(1) Table G.1 gives an example of reference values table format by compressive strength.

Table G.1 — Example of reference values by strength

Compressive strength class	GWP_{total} (ref)
C20/25	
C25/30	
C30/37	
C35/45	
C40/50	
C45/55	
C50/60	
C60/75	
C80/95	

5.4.2 Calculation method

(1) The CO_2 emission of the assessed concrete and of the reference concrete shall be calculated following EN 15804 and additional rules of EN 16757 considering the indicator "Global Warming Potential" for modules A1 to A3.

5.4.3 Classification

(1) The classification of the concrete shall be derived using the formula:

$$X = 100(1 - G_a / G_r)$$

where

G_a is the GWP_{total} of the assessed concrete based on target composition

G_r is the GWP_{total} of the reference concrete of the same performance (see 5.4.1 (3) and Annex G)

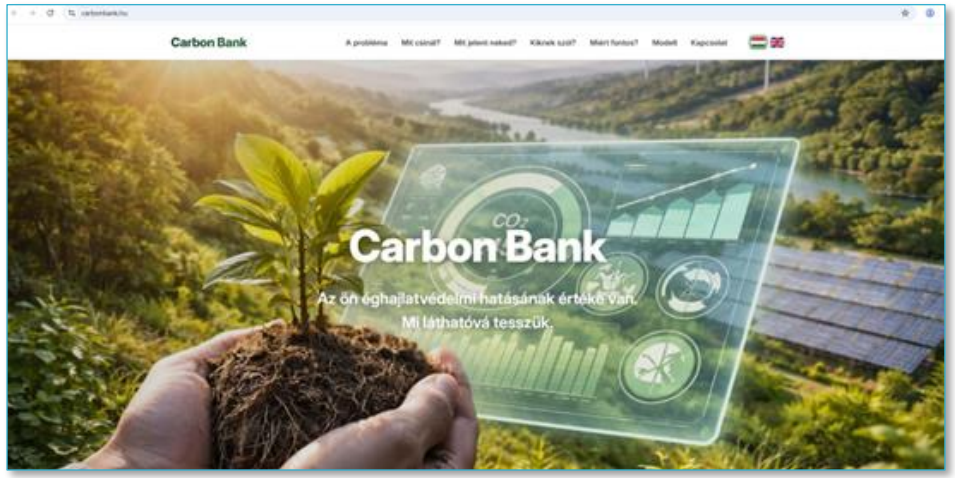
(2) GW_R classes are defined in Table 13.

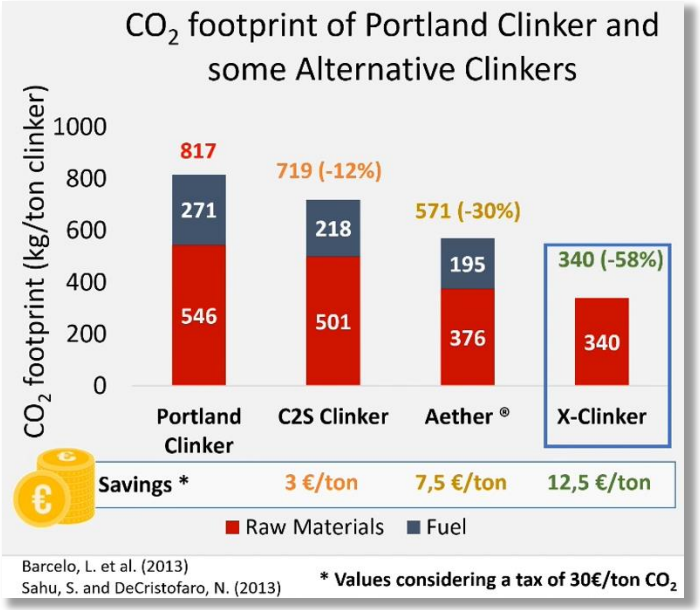
Table 13 — Reduction classes

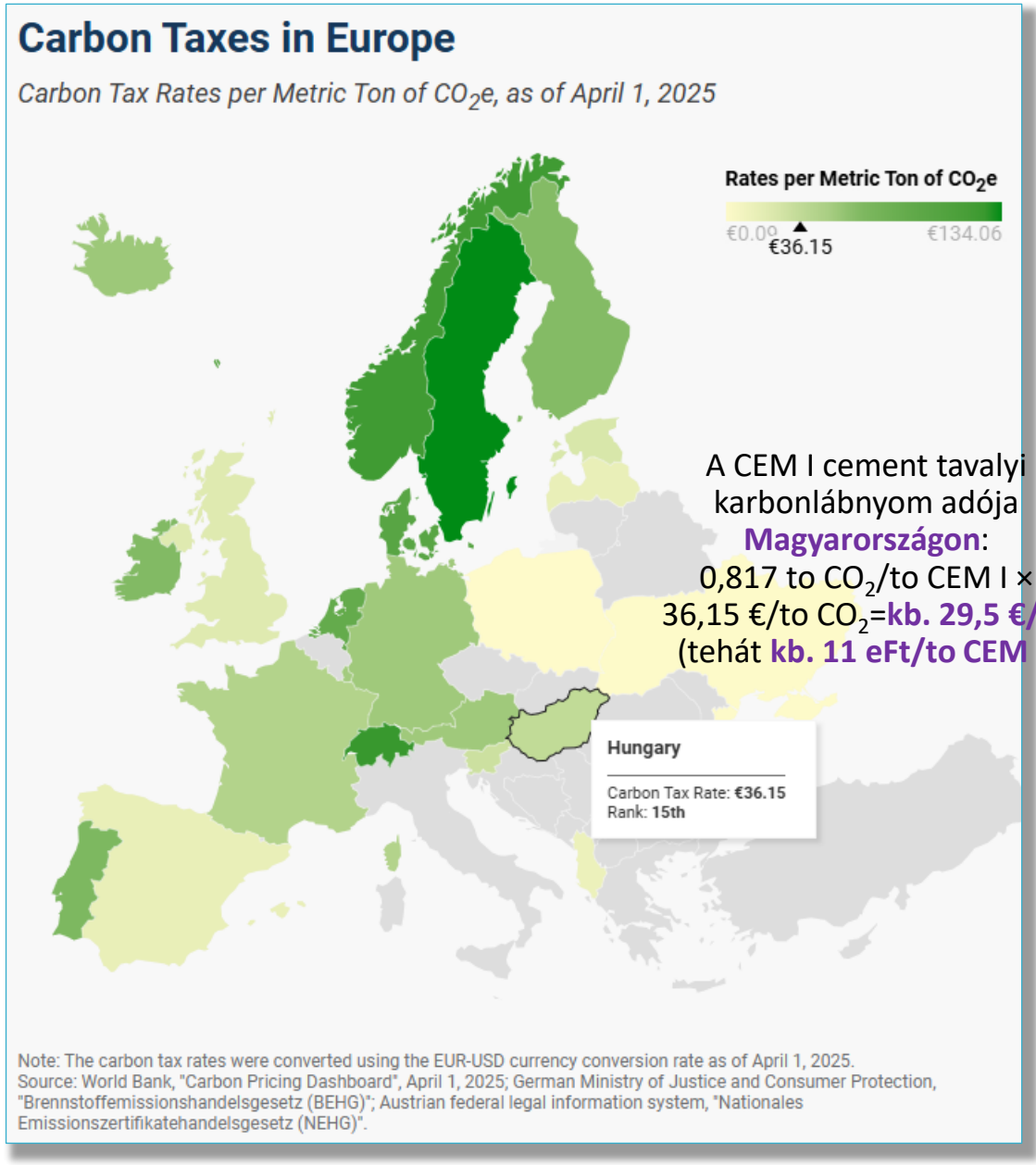
Reduction classes	Value of X
GW_R 0	X < 10
GW_R 1	X < 20
GW_R 2	X < 30
GW_R 3	X < 40
GW_R 4	X < 50
GW_R 5	X < 60
GW_R 6	X < 70
GW_R 7	X < 80
GW_R 8	X < 90
GW_R 9	90 ≤ X
NOTE Negative values of X are classified GW_R 0	

Forrás: prEN 206-1:2024, *Marco di Prisco: UHPFRC for sustainability 16. dia, 15th *fib* PhD Symposium 2024 aug. 26. BME, Budapest és **https://www.mnnsz.hu/1kwh-villamos-energia-05-kg-szendioxid-kibocsatas

Viszonylag új a karbonlábnyom adó



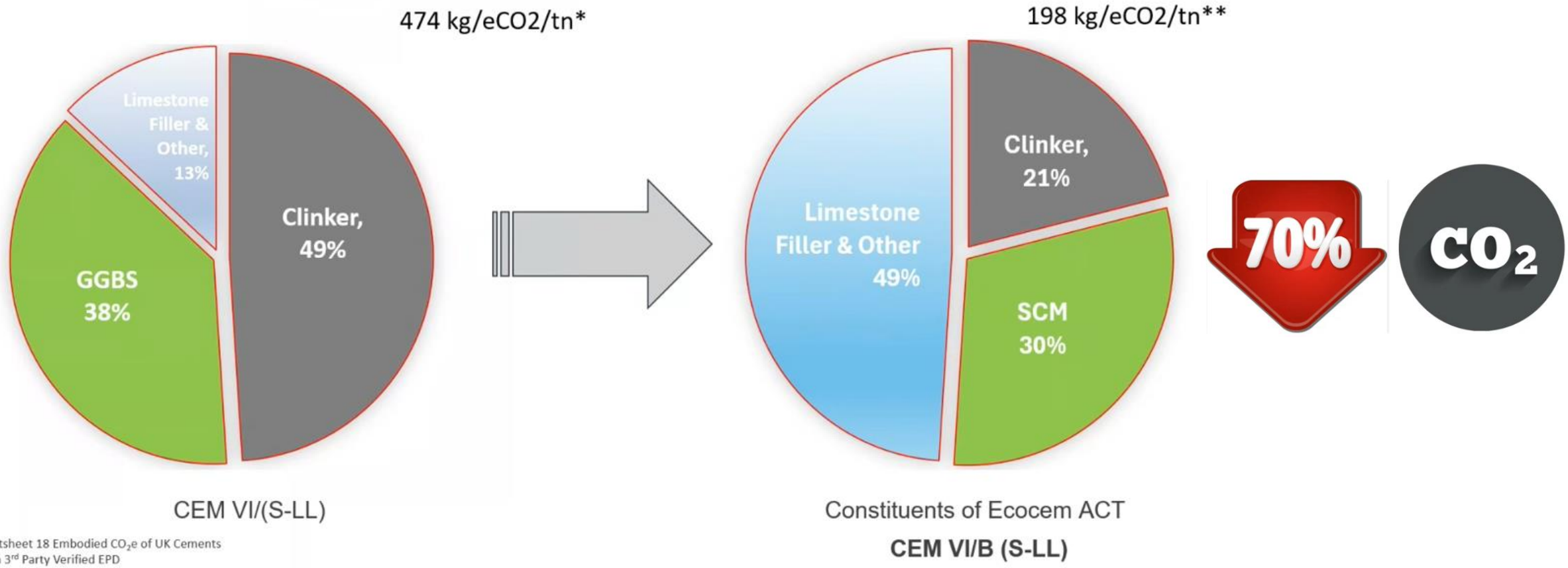




A CEM I cement tavalyi karbonlábnyom adója **Magyarországon**:
0,817 to CO_2/to CEM I × 36,15 €/to CO_2=**kb. 29,5 €/to**
(tehát **kb. 11 eFt/to CEM I**)

Forrás: ECSN Webinar: Durability & Sustainability: Europe's Next Steps Forward, 26.02.2026, https://www.dropbox.com/scl/fo/0bqlp1mo0wo8l1zzdt7g3/AFudqwgeyed87RfJkgLgIiE?rlkey=pad7f72hw6nrztvepbp2aqcm1&e=1&st=3sgpv8w5&dl=0

A kis karbonlábnyom terén az ÖKO-cementek jelenlegi „csúcstartója” az 50% mészkőliszt tartalmú (CEM VI/B (S-LL) cement



* MPA Factsheet 18 Embodied CO_2e of UK Cements
** Ecocem 3rd Party Verified EPD

Forrás: ECSN Webinar: Durability & Sustainability: Europe’s Next Steps Forward, 26.02.2026, https://www.dropbox.com/scl/fo/0bqlp1mo0wo8l1zzdt7g3/AFudqwgeyed87RfJkgLgIiE?rlkey=pad7f72hw6nrztvepbp2aqcm1&e=1&st=3sgpv8w5&dl=0

ÖKO-cement a laborban és Európában

(még a laboránsok is maszkban védekeznek ellene)

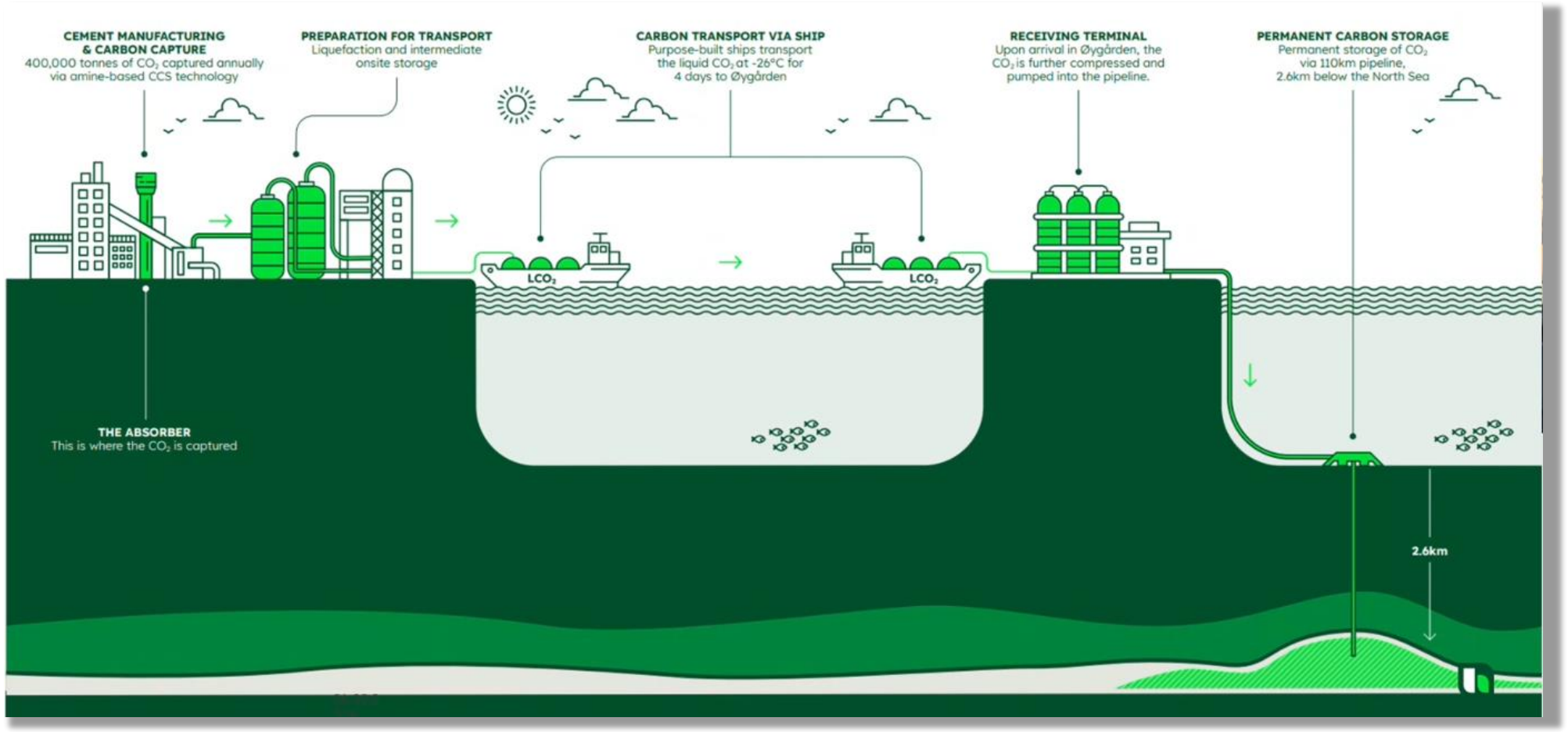
- ACT1
  - 30% GGBS as SCM
  - 50% Limestone filler
  - 20% CEM I
- Consistence – S4
- Strength – C40/50
- Lab aggregates
- Durability assessment
- What mix design is needed?

Terjed és kétségkívül akár C40/50 szilárdságot is elér (x ≤ 0.30 esetén)

Forrás: ECSN Webinar: Durability & Sustainability: Europe's Next Steps Forward, 26.02.2026, https://www.dropbox.com/scl/fo/0bqlp1mo0wo8l1zzdt7g3/AFudqwgeyed87RfJkgLgliE?rlkey=pad7f72hw6nrztvepbp2aqcm1&e=1&st=3sgpv8w5&dl=0

CCS - Carbon Capture and Storage módszer

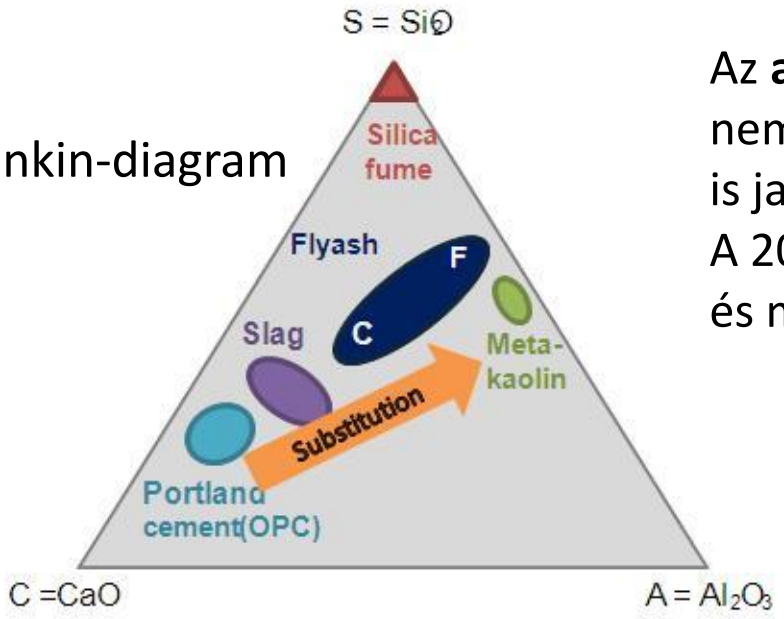
[maradunk a szokásos/jó portlandcementnél, de az égetés során keletkező CO_2–t cseppfolyósítjuk és „eltemetjük” vagy a CCUS módszerrel (Carbon Capture, Utilization and Storage) pl. metanolt gyártunk belőle]



Forrás: ECSN Webinar: Durability & Sustainability: Europe’s Next Steps Forward, 26.02.2026, https://www.dropbox.com/scl/fo/0bqlp1mo0wo8l1zzdt7g3/AFudqwgeyed87RfJkgLgIiE?rlkey=pad7f72hw6nrztvepbp2aqcm1&e=1&st=3sgpv8w5&dl=0

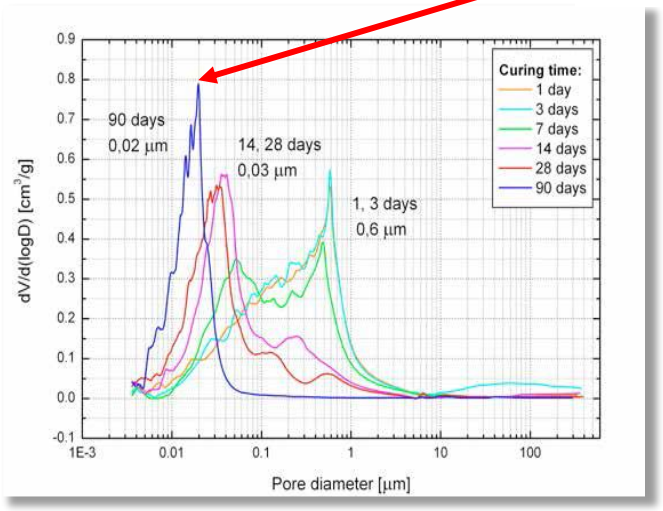
SCM cementek – a karbonlábnyom csökkentésének jelenlegi legjobb módja

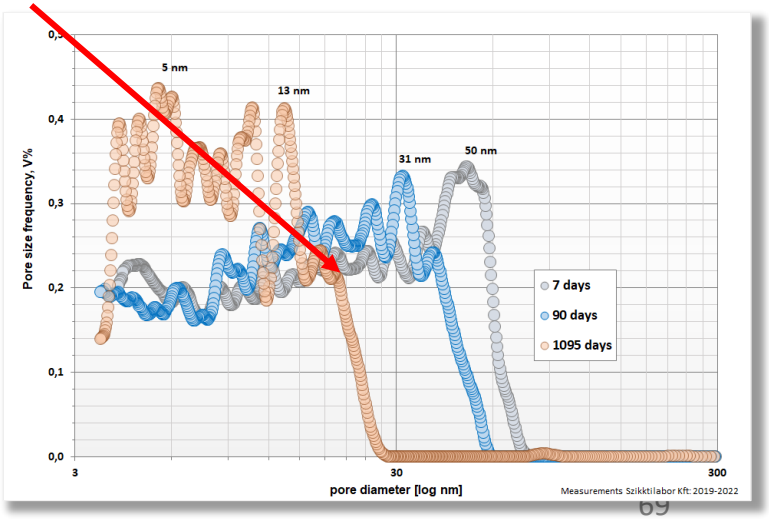
Rankin-diagram



Az **aktív cementkiegészítő anyagok** (pl. pernye, trasz, hőkezelt agyagásványok) nemcsak a karbonlábnyomot csökkenthetik gazdaságosan, de a beton tartóssága is javítható; akár nagyságrendekkel is.
A 2000 éves római cementhez hasonló vagy jobb pórusméret-eloszlás tervezhető és megvalósítható az SCM-cementekkel.

20 nm





Az új EN 206 betonszabvány kétértelműsége

ÖKO-cementet használni nem kell félnetek jó lesz, avagy
hova tegyük a vesszőt?

- Jelenleg több mint 60 fajta cementet forgalmaznak az EU-ban
- Legnagyobb CO_2 kibocsátású a CEM I cement
- A **környezetbarát cementek kisebb CO_2 kibocsátásúak, de** eltérő karbonátosodás- és a kloridállóságúak
- A kohósalak és kőszénpernye egyre kevesebb az EU-ban, ezért **a cementipar a mészkőliszt növekvő adagolása (50%) irányába megy**

FIGYELEM!

- Az új cementfajták már több éve itt vannak (lásd pl. MSZ 4799:2023)
- **Van-e ismerete a mérnöknek, hogy mire figyeljen oda** ezek kapcsán?
- Ha nincs, akkor a sorsa (pl. börtönbe kerül-e vagy sem) nagyban függ a cement gyártójától/forgalmazójától. Vigasztalódhat azzal, hogy egy rövid ideig talán csökkentette a globális felmelegedést

		K	S	D	P	Q	V	W	T	L	LL	F	
name	designation	clinker	blast furnace slag	silica fume	natural pozzolana	natural activated pozzolana	siliceous fly ash	calcareous fly ash	burnt shale	limestone	high purity limestone	recycled concrete fines	minor additional constituents
portland cement	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
portland-slag cement	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
portland-silica fume cement	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
portland-pozzolana cement	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
portland-fly ash cement	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
	CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
portland-coal bottom ash cement	CEM II/A-#[1]	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
	CEM II/B-#[1]	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
portland-burnt shale cement	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5
	CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5
portland-limestone cement	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5
	CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5
	CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5
	CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5
portland-recycled fines cement	CEM II/A-F	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5
	CEM II/B-F	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5
portland-composite cement	CEM II/A-M[2]	80-88	12-20 (D 0-10)										0-5
	CEM II/B-M[2]	65-79	21-35 (D 0-10)										0-5
	CEM II/C-M[2]	50-64	36-50 (D 0-10; L+LL+F 0-35; F 0-20)										0-5
blast furnace cement	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM III/C	6-19	81-94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
pozzolanic cement	CEM IV/A[2]	65-88	-	12-35 (D 0-10)					-	-	-	-	0-5
	CEM IV/B[2]	45-64	-	36-55 (D 0-10)					-	-	-	-	0-5
slag-pozzolanic cement	CEM V/A[2]	40-64	18-30	-	18-30			-	-	-	-	-	0-5
	CEM V/B[2]	20-38	31-49	-	31-49			-	-	-	-	-	0-5
composite cement	CEM VI/A-(S-P)	35-49	31-59	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM VI/A-(S-Q)	35-49	31-59	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM VI/A-(S-V)	35-49	31-59	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
	CEM VI/A-(S-L)	35-49	31-59	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5
	CEM VI/B-(S-L)	21-49	21-49	-	-	-	-	-	-	21-49	-	-	0-5
	CEM VI/A-(S-LL)	35-49	31-59	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5
	CEM VI/B-(S-LL)	21-49	21-49	-	-	-	-	-	-	-	21-49	-	0-5
	CEM VI/A-(S-F)	35-49	31-59	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5

[1] A letter for the designation of the constituent coal bottom ash should be provided in the harmonised standard.
[2] Designation shall be followed by the letters of constituents included in the cement separated by hyphens and between brackets e.g., (P-Q).

Forrás: CEN/TC 229 – N 2496, Standardisation Request for Cement, 2025-09-22

Hogyan kezeljük problémát a gazdaság szintjén? (EU csökkenti a termelést)

Cement industry data

Industry data in 2023

- Global CO_2 emission in the world: **43±7 Mrd to**/year
- **CO_2 emission from production of cement: ~2,5 Mrd to**
- ***CO_2 emission* worldwide: *~0,58 to/to cement, ~58%***
- Produced cement in the world: **~4,3 Mrd to**
- **Produced cement in EU: ~0,18 Mrd to**
- Produced cement in Asia: ~3 Mrd to
- Global cement market size: **406 Mrd $**

Industry goals for 2030

- Global CO_2 emission in the world must fall **28-42%** (~2%?)
- **CO_2 emission from production of cement: ~2,7 Mrd to**
- ***CO_2 emission* worldwide: *~0,45 to/to cement, ~45%***
- Produced cement in the world: **~6 Mrd to**
- **Produced cement in EU: ~0,17 Mrd to**
- Produced cement in Asia: ~4,5 Mrd to
- Global cement market size: **~592 Mrd $**

Az EU erőfeszítései ellenére sajnos 2030-ra **várhatóan nem csökken a CO_2 kibocsátás** sem a világ cementgyártásából, sem pedig az emberi tevékenység okozta globális emisszióból

Forrás: https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/cement-market-101825 és https://www.statista.com/statistics/1087115/global-cement-production-volume/

Hogyan kezeljük a problémát a műszaki szabályozásban? (kétértelműen)

- A tartóssági problémákra **az új EC-2 mérnökien zseniális** megoldása a természeti törvények alkalmazása
- **Minden cementfajta** forgalomba hozatala **engedélyezett, sőt az ÖKO-cementek preferáltak** /fogalomzavar?/
- **„A betonkeverék tartósságra tanúsítása milyen számszerű értékekkel történjen?" kérdésre a válaszadást már nem vállalta fel a CEN*;** ezt nemzeti hatáskörbe utalja
- A forgalomba hozható betonkeverék tartóssági követelményeire a „pápai értelmezést" a nemzeti szabványügyi testületek adják meg (akiknek alig van ilyen ismeretük-háttérinformációjuk)
- EN szabvány helyett várhatóan az idén **elkészül a CEN/TR jelentés** (sajnos egyre szűkebb magyarázattal)
- Nemzeti kiegészítésekre adtak javaslatot a francia, spanyol, angol, norvég és magyar szakértők
- **A legtöbb tagállam saját NAD készítését tervezi az EN 206 helyett/mellett** (pünkösd ellenére nem áradt ki a népeket összekötő erejű Szentlélek)

*Even if we were not able to agree on a European standard for ERC, all member states that want to follow the main route in EC2 for durability design now need to develop national standards for ERC. **Each member state** will set its rules in **national standards or national annex** as provisions in the place of use.

Forrás: CEN/TC 104/SC 1 N 1580 "Concrete - Specification, performance, production and conformity„ 2025-03-03_

1. Miért kell az új EC-2 vezérszabvány és az új betonszabványok?
2. Az új EC-2 kulcsfontosságú változásai (a tartósság mérnöki számszerűsítése)
3. CEN/TR dokumentum és nemzeti javaslatok
4. Magyar javaslatok a tartóssági tervezésre
5. Tartósság és fenntarthatóság
6. Összegzés

Miért éri meg tanulni az új szabványokat?

2014-ben volt 75 Mrd.€/év a tervezési díj, napjainkban legalább a duplája

Executive Summary

The Eurocodes enable the design of building and civil engineering works, and comprise 10 Standards in 58 parts. When they were published, prior to 2007, the first generation of EN Eurocodes were the most comprehensive and technically advanced suite of standards for structural and geotechnical design in the world.

Their development was a tremendous achievement and represented the culmination of over 30 years collaborative effort. Their impact has been considerable, affecting the day-to-day work of around 500 000 professional engineers across Europe.

In May 2010, the European Commission (EC), Enterprise and Industry Directorate-General, sent Programming Mandate M/466 EN to CEN concerning the Structural Eurocodes. The purpose of this mandate was to initiate the process of further evolution of the Eurocode system, incorporating both new and revised Eurocodes, and leading to the publication of the second generation of EN Eurocodes. CEN replied to this mandate in June 2011.

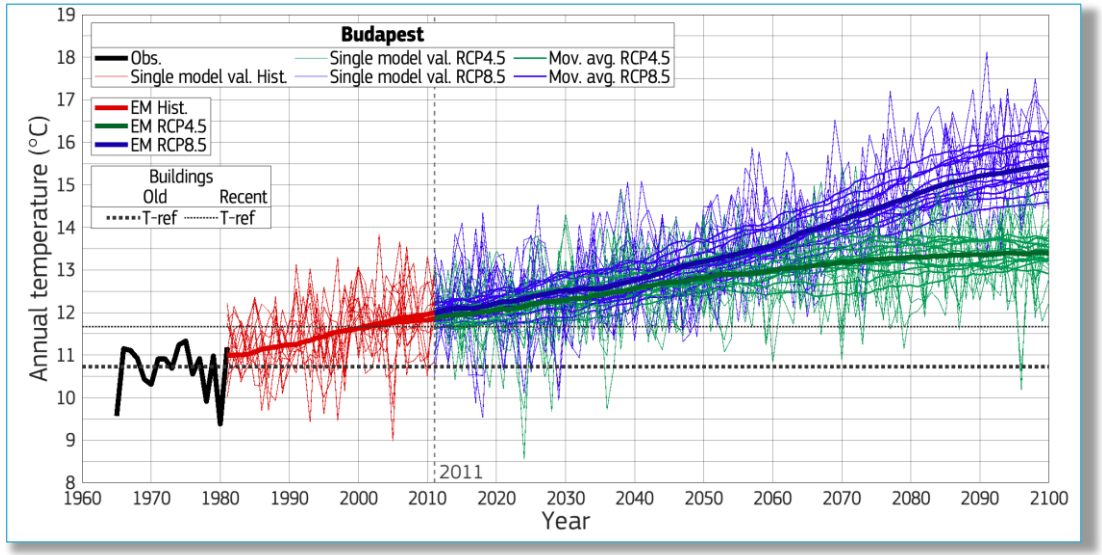
In December 2012, the EC sent a further Mandate M/515 EN, inviting CEN to develop a detailed standardisation work programme using the reply to mandate M/466 as a basis. This document is the reply to Mandate M/515 EN. It sets out TC 250's proposed work programme together with additional supporting information. Over 1000 experts from across Europe have been involved in the development and review of this document.

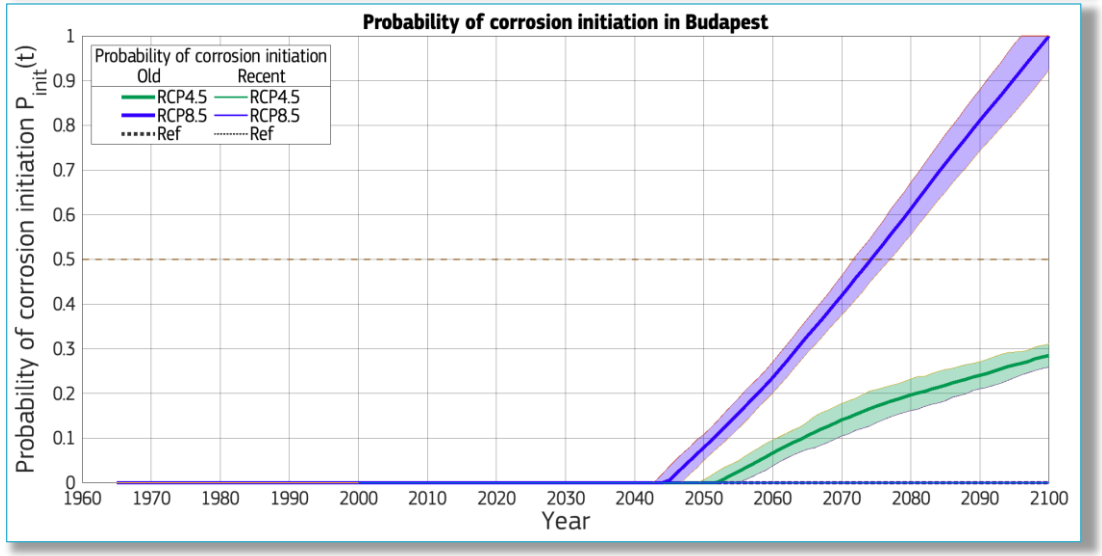
The objectives and intended impacts of the work are defined. It is widely recognised that long-term confidence in the codes requires the Eurocodes to evolve in an appropriate manner. Specifically the proposed work programme focuses on ensuring the standards remain fully up to date through embracing new methods, new materials, and new regulatory and market requirements. Furthermore, it focuses on further harmonisation and a major effort to improve the ease of use of the suite of standards for practical users.

Beneficial impacts of the work programme are presented ranging from improved efficiency and targeted extension of scope, to increased user confidence and enhanced sustainability in construction. With the European market for design services in the construction sector being approximately 75€Billion, it is clear that even very modest efficiency savings will yield very substantial monetary benefits for public and private sector clients.

S. Leivestad: JWG-Durability Report to TC 104/SC1 and TC 250/SC2, 2014

Nagyban csökkenthetők a globális felmelegedés miatt várhatóan növekvő javítási költségek is /de csak ott, ahol jó nemzeti dokumentumok lesznek/





The projected total repair expenditures for European Union Member States (EU-27) by the year 2100 due to carbonation are expected to reach approximately ***EUR 75.8 billion under the moderate*** intermediate RCP4.5 climate ***scenario***. This translates to an average of ***EUR 2.8 billion per country***, with an uncertainty range of 17% to 36% attributed to an incomplete understanding of the climate scenarios. In contrast, ***in the more extreme scenario***, RCP8.5, the estimated costs could potentially rise to ***about EUR 883.4 billion, averaging EUR 32.7 billion per country***, with an uncertainty range varying from 3% to 7%.

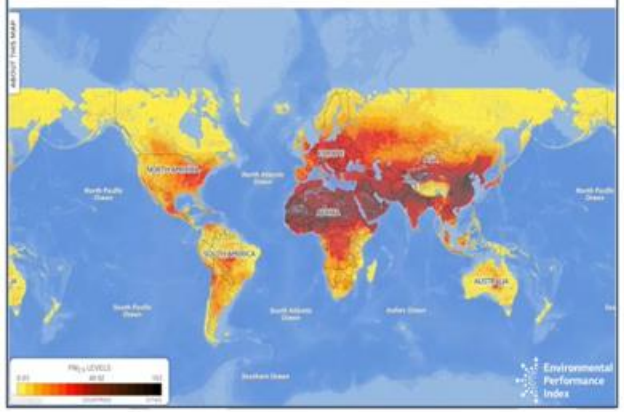
Forrás: ISBN 978-92-68-14323-0 ISSN 1831-9424 doi:10.2760/016004, https://joint-research-centre.ec.europa.eu és Beton Újság 2008. nov.

Napjaink fő problémáját hogyan oldjuk meg?

/erőlködünk, de úgy tűnik, nehezen találjuk a megoldást; az EU válaszai újabb problémákat szülnek/

The ENVIRONMENTAL problem

*Cement industry is responsible for **5% of the anthropogenic CO_2** emissions worldwide*



The ECONOMICAL problem

*After 2020, **EU-ETS reform will** deeply affect cement industry due to CO_2 emissions constraints that will **turn exporting unviable***

The SOCIETAL problem

*Cement industry runs a real **risk of many plants closures in Europe** within the next 10 years, resulting in a **significant loss of jobs***

NB: In Portugal, exports represent 50% of current sales, and a loss of competitiveness could have a even more dramatic impact, seen the geography, with several plants' closures.

Sorra zárjuk be a cementgyárakat Európában, mert olcsóbb Ázsiából behozni, ahol rendkívüli módon nő a termelés

Európa próbál példát mutatni, de a környezeti problémát további műszaki, gazdasági és szociális problémával tetézi

Forrás: ECSN Webinar: Durability & Sustainability: Europe's Next Steps Forward, 26.02.2026, https://www.dropbox.com/scl/fo/0bqlp1mo0wo8l1zzdt7g3/AFudqwgeyed87RfJkgLgliE?rlkey=pad7f72hw6nrztvepbp2aqcm1&e=1&st=3sgpv8w5&dl=0

A fő problémát a mérnökök nem tudják megoldani

Mi lesz akkor velünk? – Ivy
Tartjuk a színvonalat – James Twelvetrees

/a *Csengetett, Mylord* záró epizódjából a Meldrum-ház összeomlása előtt/

Köszönöm a figyelmet!